



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

TESIS DOCTORAL

LA MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA. METODOLOGÍA DE
TRABAJO PARA RECONSTRUCCIONES VIRTUALES.

THE MOSQUE-CATHEDRAL OF CÓRDOBA. METHODOLOGY
FOR VIRTUAL RECONSTRUCTIONS.

AUTOR

D. RAFAEL ORTIZ CORDERO

Ingeniero Técnico Industrial

DIRECTOR

Dr. D. RAFAEL ENRIQUE HIDALGO FERNÁNDEZ

Dr. Ingeniero Agrónomo

PROGRAMA DE DOCTORADO

*INGENIERÍA AGRARIA, ALIMENTARIA, FORESTAL Y DE DESARROLLO
RURAL SOSTENIBLE*

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO EN LA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA

FEBRERO 2018

TITULO: *LA MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA. METODOLOGÍA DE
TRABAJO PARA RECONSTRUCCIONES VIRTUALES*

AUTOR: *Rafael Ortiz Cordero*

© Edita: UCOPress. 2018
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>
ucopress@uco.es



TÍTULO DE LA TESIS:

LA MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA. METODOLOGÍA DE TRABAJO
PARA RECONSTRUCCIONES VIRTUALES.

THE MOSQUE-CATHEDRAL OF CÓRDOBA. METHODOLOGY FOR VIRTUAL
RECONSTRUCTIONS.

DOCTORANDO/A:

RAFAEL ORTIZ CORDERO

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

D. RAFAEL ENRIQUE HIDALGO FERNÁNDEZ

Profesor Contratado Doctor de la Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral “LA MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA. METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA RECONSTRUCCIONES VIRTUALES”, cuyo autor es D. Rafael Ortiz Cordero, ha sido realizada bajo mi dirección y tutela y cumple las condiciones exigidas por la legislación vigente para optar al TÍTULO DE DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

El desarrollo de la tesis ha supuesto un extenso trabajo de investigación desarrollado dentro de un marco incomparable como es la Mezquita-Catedral de Córdoba. El doctorando ha conseguido documentar científicamente una reconstrucción virtual de cualquier emplazamiento, tanto arqueológico como arquitectónico. Para ello ha tenido en cuenta los puntos de vista de las distintas disciplinas que actúan en cualquier reconstrucción científica, como son arqueólogos, arquitectos, historiadores, historiadores del arte, ingenieros y todos aquellos que desarrollan su vida profesional en el campo del patrimonio.

Ha tenido una correcta metodología de trabajo, dividiendo su trabajo en distintos apartados que ayudan a comprender la metodología que debería seguirse en una reconstrucción virtual, utilizando para ello ejemplos prácticos. Comienza con un estudio estadístico de los alminares de Andalucía y el sector de columnas de la Mezquita de Abd al-Rahman I, como herramienta para obtener relaciones, proporciones y patrones en las construcciones. A continuación se detiene en la importancia de la Geometría y las Matemáticas. Se lleva a cabo una reconstrucción tridimensional del alminar de Abd al-Rahman III, describiendo las fuentes bibliográficas, creando una escala de colores que muestra la certidumbre de los datos y demostrando la importancia del uso de softwares de ingeniería en el Patrimonio. Se ha analizado el tiempo de llenado, velocidad y movimiento del agua en el interior del aljibe de Almanzor, construido en el Patio de los Naranjos de la Mezquita-Catedral de Córdoba. Asimismo, se ha desarrollado una exhaustiva metodología de trabajo en la documentación y lectura estratigráfica tridimensional de excavaciones. Por último, ha puesto la ingeniería al servicio del Patrimonio estudiando el sistema constructivo de las bóvedas laterales de la macsura de la Mezquita-Catedral de Córdoba.

Derivados de esta Tesis Doctoral se han publicado los siguientes trabajos en revistas de impacto indexadas en los listados del Journal Citation Reports (JCR) que realiza Thomson Reuters así como en Scopus de Elsevier:

1.- Monitoring heritage buildings with open source hardware sensors: A case study of the mosque-cathedral of Córdoba

Mesas-Carrascosa F, Verdú Santano D, de Larriva J, Ortíz Cordero R, Hidalgo Fernández R.E. y García-Ferrer.

Sensors 2016, 16(10). Q1 según el índice de impacto JCR. <https://doi.org/10.3390/s16101620>.

2.- Proposal for the improvement and modification in the scale of evidence for virtual reconstruction of the cultural heritage: A first approach in the mosque-cathedral and the fluvial landscape of Cordoba

Ortiz-Cordero R, León Pastor E y Hidalgo Fernández R. E.

Journal of Cultural Heritage (2017). Q2 según el índice de impacto JCR. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.10.006>

3.- 3D Photogrammetry, capacity, filling time and water flow simulation of Cordoba's Mosque-Cathedral Islamic cistern

Rafael Ortiz-Cordero y Rafael Enrique Hidalgo Fernández

Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (2017). Q2 según el índice de impacto SJR. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.02.003>

4.-Multivariate study and proportion study for classification and dating of Islamic Al-Andalus' minarets: A first approach

Rafael Ortiz-Cordero y Rafael Enrique Hidalgo Fernández

Journal of Cultural Heritage (2017). Q2 según el índice de impacto JCR. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.11.007>

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba a 26 de febrero de 2018

Firma del director



Fdo.: Rafael E. Hidalgo Fernández

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer al Cabildo Catedral de Córdoba, la oportunidad que me brindó en el año 2014 cuando presenté mi tema de tesis y sus objetivos. Gracias a su apoyo financiero y la confianza depositada en mí, esta tesis ha podido llevarse a cabo.

Al canónigo archivero Manuel Nieto Cumplido, sin sus clases magistrales y su enorme conocimiento del templo habría tardado el doble en escribir la tesis. Aún recuerdo lo que me dijo el primer día, *“Tu trabajo no será importante por ti, será importante por el edificio en el que se desarrolla. Será la Catedral la que de importancia a ti y a tu trabajo”*. Esta tesis, y todo el trabajo desarrollado en el edificio, siempre lo llevo a cabo desde este principio.

Agradecer a los canónigos Manuel Pérez Moya y Fernando Cruz-Conde y Suárez de Tangil su especial apoyo y confianza en mi persona, no solo para desarrollar la presente tesis, sino para colaborar y ejecutar trabajos en la Catedral de Córdoba, así como ayudarme en mis proyectos personales tanto como han podido. Al canónigo Pedro Soldado Barrios, sin el nada habría sido posible, ya que fue él quien me propuso llevar a cabo la investigación en la Catedral de Córdoba. Agradecer asimismo su apoyo durante gran parte de esta tesis a Jesús Daniel Alonso Porras

A mi director de tesis, el Dr. Rafael Enrique Hidalgo Fernández, sin su implicación en el proyecto, su formación en investigación, su infinita paciencia ante mis dudas, impaciencias y su trabajo, tanto intelectual como en campo, no me habría sido posible salir “ilesa”. Después de todos estos años, no solo gano una tesis doctoral, sino un gran amigo con el que seguir trabajando.

Agradecer también a los arqueólogos Enrique León y Raimundo Ortiz su paciencia y apoyo durante toda la duración de la tesis, echándome una mano siempre que se lo he pedido y cuyas tesis, junto con la presente, son las tres patas del trípode de la metodología desarrollada. A los arquitectos de la Catedral de Córdoba, Gabriel Ruiz Cabrero, Gabriel Rebollo y Sebastián Herrero su constante confianza en los trabajos realizados, espero que disfrutéis con la lectura de todo el trabajo.

A mis amigos cercanos y lejanos, que me sirvieron como válvula de escape en todo momento, interesándose por el desarrollo del trabajo. Especial mención a Christopher por su apoyo y ayuda durante las primeras etapas de esta tesis.

A mis padres, sin ellos no habría llegado a este momento. Su apoyo y perseverancia para hacerme estudiar desde el colegio han terminado dando sus frutos. Por supuesto, gracias también a mi hermano, su apoyo, confianza y los ratos libres con él me sirvieron de escape. Gracias a los tres.

Por último, le dedico esta tesis a Mariluz, mi futura esposa y la persona que más ha soportado y aguantado mis quejas, mis eternas planificaciones, mis altibajos, y mis dudas con los artículos y la tesis a lo largo de todos estos años. A pesar de todo, siempre estás ahí.

A mi familia

Resumen

La presente tesis pretende ser la guía mediante la cual se puedan llevar a cabo reconstrucciones virtuales correctamente documentadas. Dejando a un lado las recreaciones virtuales hiperrealistas para el sector turístico y la difusión, en este caso se plantean reconstrucciones con rigor científico. Sirviendo de esta forma las reconstrucciones, a los distintos profesionales, como pueden ser arqueólogos, arquitectos, historiadores, historiadores del arte, ingenieros y todos aquellos que desarrollan su vida profesional en el campo del patrimonio y la arquitectura.

Haciendo uso de estadística, geometría, levantamientos tridimensionales CAD, estudios de fluidos e incluso programación y lecturas estratigráficas tridimensionales, se pretende realizar una metodología de trabajo que incorpore, mejore y añada nuevas técnicas necesarias para llevar a cabo una reconstrucción virtual científica de cualquier emplazamiento, tanto arqueológico como arquitectónico. Los ejemplos necesarios para verificar la metodología fueron llevados a cabo en la Mezquita-Catedral de Córdoba.

La rápida utilización de las reconstrucciones virtuales que se está realizando en el ámbito patrimonial demuestra la utilidad, e importancia, de estas reconstrucciones. Permitiendo mejorar el conocimiento y la difusión de nuestra historia. No obstante, estas herramientas también precisan del establecimiento de unas pautas, de forma que todos los trabajos realizados tengan una sólida base científica y muestren claramente el conocimiento que se tiene del bien patrimonial intervenido.

La realización de la tesis ha llevado a diversos resultados y conclusiones. Entre ellos la mejora de la escala de certidumbre para las reconstrucciones virtuales, el análisis de las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I de la Mezquita-Catedral de Córdoba, obteniendo conjuntos de columnas provenientes de un mismo edificio y su esquema de colocación. Además, se ha hallado el tiempo de llenado y la capacidad de agua del aljibe de Almanzor entre otros.

Todos estos resultados han generado no solo una metodología de trabajo para realizar reconstrucciones virtuales, sino que también han generado una serie de futuras líneas de investigación que se seguirán estudiando.

Abstract

This thesis aims to be the guide through which properly documented virtual reconstructions can be carried out. Reconstructions with scientific rigor are proposed, leaving aside virtual recreations for the tourism sector and diffusion. These reconstructions are useful to different professionals, such as archaeologists, architects, historians, art historians, engineers and all those who develop their professional careers in cultural heritage and architecture.

We carry out a methodological work that incorporates, improves and adds new techniques necessary to make a scientific virtual reconstruction of any location, both archaeological and architectural. For this purpose, we make use of statistics, geometry, three-dimensional CAD surveys, fluid studies and even programming and three-dimensional stratigraphic studies. The necessary examples to verify this methodology were carried out in the Mosque-Cathedral of Córdoba.

The rapid use of virtual reconstructions that are being carried out in cultural heritage demonstrates the usefulness and importance of these reconstructions. These reconstructions enable professionals of the fields mentioned above to improve the knowledge and dissemination of our history. However, these tools also require the establishment of some guidelines, so that all the works conducted have a solid scientific basis and clearly show the knowledge we have of the cultural heritage.

The realization of this thesis has led to various results and conclusions. Among them the improvement of the scale of certainty for virtual reconstructions, the analysis of the columns of the sector of 'Abd al-Rahman I of the Mosque-Cathedral of Córdoba, obtaining groups of columns from the same building and its scheme of placement. In addition, the filling time and the water capacity of the Almanzor's cistern among others have been found.

All these results have generated not only a work methodology to perform virtual reconstructions, but they have also have generated a series of future lines of research that will continue to be studied.

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	31
Capítulo 1. Introducción y Objetivos	33
Objetivos de la tesis	35
CAPÍTULO 2. BREVE HISTORIA	37
Capítulo 2. Breve historia de la Mezquita-Catedral de Córdoba	39
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	47
CAPÍTULO 3.1. ESTADÍSTICA.....	49
Capítulo 3.1. Estadística aplicada al Patrimonio	51
3.1.1. Introducción	51
3.1.2. Estadística. Metodología general.....	51
3.1.3. Estudio multivariante y estudio de proporciones para la clasificación y datación de los alminares de al-Andalus	53
3.1.3.1. Introducción.....	53
3.1.3.2. Recopilación de los alminares de al-Andalus	55
I) Alminar de Ibn Adabbas, Sevilla	55
II) Alminar de la Iglesia de Santiago, Córdoba.....	57
III) Alminar de la Iglesia de San Juan de los Caballeros, Córdoba.....	60
IV) Alminar de Santa María de la Granada de Niebla, Huelva	63
V) Alminar de Velefique, Almería.....	64
VI) Alminar de la Ermita de Santiago del Camino, Medina Sidonia, Cádiz	65
VII) Alminar de Santa Clara, Córdoba	67
VIII) Alminar de San José, Granada.....	69
IX) Alminar de la Aljama de Granada	70
X) Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz	71
XI) Alminar de la Magdalena, Jaén	72
XII) Alminar de Archéz, Málaga	73
XIII) Alminar de Cuatrovitas, Sevilla	74
XIV) Alminar de la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba.....	75
XV) Alminar de Madinat al-Zahra', Córdoba.....	76
XVI) Otros alminares	77
3.1.3.3. Antecedentes del Codo.....	78
3.1.3.4. Proporciones en los alminares del al-Andalus ya estudiadas	79
3.1.3.5. Metodología	80
Diseño Experimental	80
Análisis multivariante.	82
Análisis discriminantes y neurales.	84
3.1.3.6. Resultados.....	84
3.1.3.7. Conclusiones del estudio estadístico de los alminares.....	89
3.1.4. Estudio multivariante y clasificación de las columnas del sector de 'Abd al-Rahman I de la Mezquita-Catedral de Córdoba.....	91
3.1.4.1. Introducción.....	91
3.1.4.2. Breve historia de la Mezquita de 'Abd al-Rahman I.....	91
3.1.4.3. Delimitación del estudio.....	93
3.1.4.4. Metodología	96
Levantamiento topográfico	96
Levantamiento fotogramétrico de las columnas.....	96
Medición de las columnas	99

Cimacio.....	99
Capitel.....	99
Fuste	100
Basa	101
Tablas de variables estadísticas.....	102
Cimacios - Tabla de variables.....	103
Capiteles - Tabla de variables.....	107
Fustes - Tabla de variables.....	111
Basas - Tabla de variables.....	119
Análisis Estadísticos.....	127
3.1.4.5. Resultados del Clúster de Cimacios.....	127
Análisis descriptivo de las variables en estudio.....	127
3.1.4.6. Resultados del Clúster de Capiteles	131
Análisis descriptivo de las variables en estudio.....	131
3.1.4.7. Resultados del Clúster de Fustes.....	134
Análisis descriptivo de las variables en estudio.....	134
3.1.5. Conclusiones del Capítulo.....	139
Conclusiones del Clúster de Cimacios	139
Conclusiones del Clúster de capiteles.....	144
Conclusiones del Clúster de los fustes	155
Conclusiones del capítulo	164
CAPÍTULO 3.2. MATEMÁTICAS Y GEOMETRÍA	167
Capítulo 3.2. Matemáticas y Geometría en la Edad Media.....	169
3.2.1. Introducción.....	169
3.2.2. Matemáticas y Geometría.....	169
3.2.3. Proporciones y Geometría en la Mezquita Catedral de Córdoba.....	177
3.2.4. Metodología y Resultados	190
3.2.5. Conclusiones	195
CAPÍTULO 3.3. EL ALMINAR DE HISHAM I	197
Capítulo 3.3. El Alminar de <i>Hishām</i> I	199
3.3.1. Introducción.....	199
3.3.1.1. Crónicas y Fuentes Escritas - Antecedentes históricos.....	199
I) Historia del Alminar o Minarete árabe.....	199
II) Kastrom Mefa'a	204
III) Fuentes Árabes.....	207
3.3.1.2. Estado actual del alminar de Hishām I	213
I) Estudios arqueológicos acerca de este alminar	213
3.3.2. Metodología. Recopilación y estudio de las medidas y Reconstrucción tridimensional del alminar de Hishām I.....	216
3.3.2.1. Organización Interna.....	216
3.3.2.2. Ventanas y Saeteras del alminar.....	219
3.3.2.3. Puerta del Alminar.....	222
3.3.2.4. Altura de los diferentes cuerpos y Organización de la escalera.....	223
3.3.2.5. Bóvedas de las idas de escalera.....	225
3.3.2.6. Segundo Cuerpo o Linterna del alminar y Recubrimiento exterior.....	226
3.3.2.7. Almenas.....	227
3.3.3. Resultados y Discusión.....	230
3.3.3.1. Modelo tridimensional generado	230
3.3.3.2. Planos Obtenidos.....	230
I) Planos de alzado del alminar de Hishām I.....	230
II) Sección A-A.....	231
III) Sección B-B.....	231

IV) Secciones en Plantas.....	231
V) Sección F-F.....	231
VI) Perspectivas.....	232
VII) Detalles.....	232
VIII) Detalle de las posibles linternas.....	232
3.3.4. Conclusiones.....	233
CAPÍTULO 3.4. EL ALMINAR DE ‘ABD AL-RAHMAN III	235
Capítulo 3.4. El alminar de ‘Abd al-Rahman III.....	237
3.4.1. Introducción.....	237
3.4.1.1. Crónicas y Fuentes Escritas.....	237
3.4.1.2. Representaciones Gráficas de la Torre de la Mezquita Catedral de Córdoba.....	242
3.4.2. Estudio del Alminar por Félix Hernández Giménez.....	245
I) Organización interna.....	246
II) Fábrica del alminar.....	247
III) Emplazamiento de los vanos de acceso.....	248
IV) Encadenados de madera.....	249
V) Bóvedas.....	251
VI) Decoración Interior.....	252
VII) Ventanas fingidas y ventanas practicables.....	253
VIII) Idas, mesetas y peldaños de las escaleras.....	254
IX) Friso de arquillos superior.....	255
X) Altura y proporción.....	255
XI) Segundo cuerpo del alminar.....	255
XII) El ‘Amud o Yamur.....	256
XIII) Sobre la restitución del alminar de Félix Hernández.....	257
3.4.3. Estudios realizados antes de la restitución.....	259
I) Zona inferior del Alminar (Interior de la Torre).....	259
II) Ventanas del alminar.....	263
3.4.4. Restitución del Alminar de ‘Abd al-Rahman III.....	263
I) Metodología.....	263
II) Interior del alminar.....	263
III) Exterior del alminar.....	266
IV) Video de la restitución.....	266
3.4.5. Escala de Evidencia para Reconstrucciones Virtuales.....	268
I) Antecedentes.....	268
II) Escala de Evidencia propuesta “COR_16”.....	273
Niveles de la Escala de Evidencia COR_16.....	276
3.4.6. Conclusiones.....	280
CAPÍTULO 3.5. EL ALJIBE DE ALMANZOR	283
Capítulo 3.5. El Aljibe de Almanzor.....	285
3.5.1. Introducción.....	285
I) Crónicas y Fuentes Escritas - Antecedentes históricos.....	285
II) Antecedentes Técnicos.....	287
3.5.2. Metodología.....	290
I) Descripción del aljibe.....	291
II) Condiciones y Problemática.....	295
III) Fotogrametría SFM.....	295
IV) Toma de puntos de control.....	296
V) Procesado mediante software fotogramétrico.....	296
3.5.3. Resultados y Discusión.....	299
I) Precisión y calidad del modelo tridimensional obtenido.....	299
II) Planimetría del aljibe.....	300

Capacidad del aljibe	301
3.5.4. Conclusiones	305
CAPÍTULO 3.6. ESTRATIGRAFÍA 3D Y SU DIFUSIÓN.....	309
Capítulo 3.6. Estratigrafía 3D y su Difusión	311
3.6.1. Introducción.....	311
3.6.1.1. Trabajos Previos en la “Búsqueda de la estratigrafía tridimensional”.....	312
3.6.1.2. Zona de estudio.....	316
3.6.2. Metodología y Resultados	317
3.6.2.1. Toma de datos	317
I) Puntos de Control.....	317
II) Ubicación de los puntos de control en la cubierta de Capilla Real.....	317
III) Ubicación de los puntos de control en el sondeo arqueológico de la puerta de la nave 17.	318
IV) Fotogrametría SFM.....	319
V) Comparación de la información registrada	324
3.6.2.2. Generación del modelo tridimensional	326
Paso 1: Software Agisoft Photoscan (AP)	326
Paso 2: Orientar fotografías.....	327
Paso 3: Crear nube de puntos densa.....	328
Paso 4: Crear malla.....	331
Paso 5: Crear textura.....	333
Paso 6: Marcadores – Puntos de Control	334
3.6.2.3. Modelado CAD 3D del yacimiento arqueológico	334
3.6.2.4. Generación de planimetría 2D	338
Tipos de Capas	339
Símbolos de relaciones	340
3.6.2.5. Creación de las Unidades Estratigráficas (UE) en 3D con Blender.....	342
I) Importación del modelo tridimensional.....	342
II) Dividir las Unidades Estratigráficas	343
III) Fases o periodos históricos	345
IV) Incluir información en Blender – Script.....	347
V) Exportar la información – Script.....	357
3.6.2.6. Difusión con Sketchfab.....	360
3.6.3. Conclusiones	380
CAPÍTULO 3.7. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LAS BÓVEDAS DE MACSURA	383
Capítulo 3.7. Sistema constructivo de las bóvedas de Macsura	385
3.7.1. Introducción.....	385
3.7.1.1. Zona de Estudio y limitaciones del trabajo	385
3.7.1.2. Breve historia de la ampliación	388
3.7.1.3. Procedencia de las bóvedas de arcos entrecruzados	392
3.7.1.5. Hipótesis de construcción de las bóvedas laterales de Macsura por Fuentes González	399
3.7.2. Metodología y Resultados	401
3.7.2.1. Sistema de toma de datos.....	401
I) Puntos de Control.....	401
II) Ubicación de los puntos de control	401
3.7.2.2. Fotogrametría SFM de las bóvedas de macsura.....	404
Cúpula Este.....	405
Cúpula Oeste	406
Cúpula Central.....	408
3.7.2.3. Planimetría de las bóvedas.....	411

I) Medidas Generales y geometría de las cúpulas laterales.....	411
3.7.2.4. Modelo CAD 3D de los arcos y sistema constructivo	440
I) Muros exteriores.....	440
II) Sistema de arcos entrecruzados.....	442
III) Orden constructivo de los arcos entrecruzados de Macsura.....	447
IV) Cimbras de los arcos	451
V) Plementos.....	452
VI) Cúpula gallonada y maderas	454
VII) Cubiertas	455
3.7.3. Conclusiones.....	457
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	459
Capítulo 4. Conclusiones de la tesis	461
1º Objetivo	461
2º Objetivo	462
3º Objetivo	462
4º Objetivo	463
Objetivos adicionales	464
Futuras líneas de investigación	466
ANEXOS	469
ANEXO I. CATÁLOGO DE COLUMNAS DEL SECTOR DE ‘ABD AL-RAHMAN I.....	471
ANEXO II. PLANIMETRÍA DEL ALMINAR DE HISHÂM I.....	603
ANEXO III. PLANIMETRÍA Y ESCALA DE EVIDENCIA DEL ALMINAR DE ‘ABD AL- RAHMAN III, HISHAM I, Y SECTOR DE LA MEZQUITA DE ‘ABD AL-RAHMAN I.....	615
ANEXO IV. PLANIMETRÍA DEL ALJIBE DE ALMANZOR.....	631
ANEXO V. ALZADOS DE LA BÓVEDA OESTE DE MACSURA	641
BIBLIOGRAFÍA	659
Bibliografía.....	661

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 0.1. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.</i>	40
<i>Figura 0.2. Sistema de arcos de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I, folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.</i>	41
<i>Figura 0.3. Mezquita planta tras la ampliación de Almanzor, (Golvin, 1979).</i>	42
<i>Figura 0.4. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.</i>	43
<i>Figura 0.5. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.</i>	44
<i>Figura 0.6. Planta de la Mezquita-Catedral plano anónimo del siglo XIX, (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992)</i>	45
<i>Figura 1.1. Planta baja y planta a nivel de ventana del alminar. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 36).</i>	56
<i>Figura 1.2. Ventana de arcos gemelos, Ibn Adabbas, Sevilla. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 37).</i>	57
<i>Figura 1.3. a) Planta inferior, b) Planta a nivel de ventana, c) Planta terminal de la escalera. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 40).</i>	58
<i>Figura 1.4. Torre de la Iglesia de Santiago previa restauración y tras el incendio. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).</i>	59
<i>Figura 1.5. Planta de la Iglesia de Santiago tras su restauración. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).</i>	59
<i>Figura 1.6. Vista en detalle del campanario de la Iglesia de Santiago. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).</i>	60
<i>Figura 1.7. Frente SE del alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 27).</i>	61
<i>Figura 1.8. Ventana NO del alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 29).</i>	62
<i>Figura 1.9. Sección transversal de la ventana SE del alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 33).</i>	62
<i>Figura 1.10. Almena encontrada junto al alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 34).</i>	63
<i>Figura 1.11. Planta de la Iglesia y anterior mezquita en Niebla, Huelva. (Pavón Maldonado, 2009, Fig. 35).</i>	63
<i>Figura 1.12. Alminar de Velefique, Almería. A) Planta, b) Sección EO. (Angelé y Cressier, 1990, Fig. 4).</i>	64
<i>Figura 1.13. Frente SO y NO de la torre de la ermita de Santiago del Camino. (Gurriarán Daza, et al, 2002, Fig. 6 y 7).</i>	65
<i>Figura 1.14. Arco de entrada original. (Gurriarán Daza, et al, 2002).</i>	66
<i>Figura 1.15. Planta de la torre a diferentes alturas y orientación de la misma. (Gurriarán Daza, 2002, Fig. 4).</i>	67
<i>Figura 1.16. Planta del alminar del convento de Santa Clara, Córdoba. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 44).</i>	68
<i>Figura 1.17. Aparejo del alminar de Santa Clara, Córdoba (Hernández Giménez, 1975, Fig. 46).</i>	68
<i>Figura 1.18. Alzado SE y NO del alminar con lo subsistente del mismo. (Hernández Giménez, 1975).</i>	68
<i>Figura 1.19. Vistas del alminar de San José de Granada. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 47. Plano de Manuel Gómez Moreno).</i>	69
<i>Figura 1.20. Alminar de San José, Granada. (Pavón Maldonado, 2009). Grabado de Heylan.</i>	70
<i>Figura 1.21. Alminar de la Aljama de Granada durante su demolición. (Hernández Giménez, 1975). Grabado de Heylan.</i>	71
<i>Figura 1.22. Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz. (Pavón Maldonado, 2009).</i>	71
<i>Figura 1.23. Planta de la Iglesia de la Magdalena. (Pavón Maldonado, 2009)</i>	72
<i>Figura 1.24. Planta del alminar de Arché, Málaga. (Pavón Maldonado, 2009).</i>	73
<i>Figura 1.25. Sección del alminar de Arché, Málaga. (Pavón Maldonado, 2009).</i>	73
<i>Figura 1.26. Restitución del alminar a finales del siglo XII. (Gurriarán Daza, 2000).</i>	74
<i>Figura 1.27. Alzado del alminar de la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba. Plano de Pedro Marfil. (Marfil Ruiz, 2010).</i>	75
<i>Figura 1.28. Planta del alminar de Madinat al-Zabra’. Plano de Basilio Pavón, (Pavón Maldonado, 1976).</i>	76
<i>Figura 1.29. Almenas grandes del alminar, (Pavón Maldonado, 1976).</i>	77
<i>Figura 1.30. Almenas pequeñas del alminar. (Pavón Maldonado, 1976).</i>	77
<i>Figura 1.31. Boceto con las dimensiones principales tenidas en cuenta en el estudio estadístico.</i>	81
<i>Figura 1.32. Dimensiones de las plantas de los alminares en estudio.</i>	83
<i>Figura 1.33. Delimitación de la zona en estudio y designación de las columnas que forman parte del mismo.</i>	95
<i>Figura 1.34. Levantamiento topográfico del sector y triangulación de las estaciones.</i>	96
<i>Figura 1.35. Toma de fotografías para el levantamiento de la columna UC22-EL5. Se tomaron un total de 105 fotografías.</i>	97
<i>Figura 1.36. Nube de puntos dispersa y nube de puntos densa calculada con Agisoft Photoscan de la columna UC18-EL7.98</i>	

Figura 1.37. Mallado de la nube de puntos densa y malla con textura calculadas con Agisoft Photoscan de la columna UC18-EL7.....	98
Figura 1.38. Mediciones realizadas para cada uno de los cimacios analizados. Ejemplo con el cimacio de la columna UC18-EL7.....	99
Figura 1.39. Mediciones realizadas para cada uno de los capiteles analizados. Ejemplo con el capitel de la columna UC18-EL7.....	100
Figura 1.40. Mediciones realizadas para cada uno de los fustes analizados. Ejemplo con el fuste de la columna UC18-EL7.....	101
Figura 1.41. Mediciones realizadas para cada una de las basas analizadas. Ejemplo con la basa de la columna UC18-EL7.....	102
Figura 1.42. Mediciones realizadas para cada una de las basas analizadas. Ejemplo con la basa de la columna UC18-EL7.....	102
Figura 1.43. Planta de los Clúster de los cimacios en la planta original.	142
Figura 1.44. Perspectiva de los Clúster de los cimacios en la planta original. Se muestra el muro Sur y muro Este.	143
Figura 1.45. Planta de los Clúster de los capiteles en la planta original.	147
Figura 1.46. Perspectiva de los Clúster de los capiteles en la planta original.	149
Figura 1.47. Alzado de las Unidades Constructivas (UC14-UC15) con los Clúster de los capiteles.	150
Figura 1.48. Alzado de las Unidades Constructivas (UC16-UC17) con los Clúster de los capiteles.	151
Figura 1.49. Alzado de las Unidades Constructivas (UC18-UC19) con los Clúster de los capiteles.	152
Figura 1.50. Alzado de las Unidades Constructivas (UC20-UC21) con los Clúster de los capiteles.	153
Figura 1.51. Alzado de las Unidades Constructivas (UC22-UC23) con los Clúster de los capiteles.	154
Figura 1.52. Planta de los Clúster de los fustes en la planta original.	158
Figura 1.53. Alzado de las Unidades Constructivas (UC14-UC15) con los Clúster de los Fustes.	159
Figura 1.54. Alzado de las Unidades Constructivas (UC16-UC17) con los Clúster de los Fustes.	160
Figura 1.55. Alzado de las Unidades Constructivas (UC18-UC19) con los Clúster de los Fustes.	161
Figura 1.56. Alzado de las Unidades Constructivas (UC20-UC21) con los Clúster de los Fustes.	162
Figura 1.57 Alzado de las Unidades Constructivas (UC22-UC23) con los Clúster de los Fustes.	163
Figura 2.1. Clasificación de la geometría. (Taberi, 2009).	171
Figura 2.2. Clasificación en función de su uso en la arquitectura. (Taberi, 2009).	172
Figura 2.3. Página del libro de Káshání y redibujado por Dold-Samplonius. (Ashkan, 2010)	172
Figura 2.4. Recopilación de los 5 tipos de arco recogidos en el libro de Káshání. (Taberi, 2009).....	173
Figura 2.5. Procedimiento para la ubicación del Mibrab. (Taberi, 2009).	174
Figura 2.6. Dibujos del Cuaderno de notas de Villard de hónnecourt.	175
Figura 2.7. Proyecto presentado por Stornaloco para la construcción del Duomo de Milán. (Castellano, 1983).	176
Figura 2.8. Restitución del proyecto de Sornaloco por Frank, P. (Frank, 1945).	176
Figura 2.9. Trazo antigua de un arco lobulado, Madinat al-Zahra'. Debajo, estudio del trazado de sus centros. (Camps Cazorla, 1953, Fig. 58 y 59).....	178
Figura 2.10. Trazo de arcos lobulados grabada en el Arca Santa de Oviedo, junto a ella se presenta una copia de la misma trazo, (Camps Cazorla, 1953).	178
Figura 2.11. Arco de herradura de San Juan de Baños con proporción flecha/diámetro 2/3. (Camps Cazorla, 1953).	179
Figura 2.12. Arcos gemelos de la iglesia de San Juan de Baños. (Camps Cazorla, 1953).	180
Figura 2.13. Trazado de los arcos de la primitiva Mezquita de Córdoba. (Camps Cazorla, 1953).	180
Figura 2.14. Restos del enfoscado del muro oriental de la mezquita primitiva. (Nieto Cumplido, 2007).	181
Figura 2.15. Trazado de la sala de oración de la mezquita del siglo VIII. (Fernández-Puertas, 2008).	182
Figura 2.16. Inicio del trazado de las arquerías de la mezquita de Córdoba. (Fernández-Puertas, 2008).	183
Figura 2.17. Cimentación del muro de quibla de la mezquita del siglo VIII. (Fernández-Puertas, 2008, Foto de Félix Hernández).	183
Figura 2.18. Trazado de las arquerías según Fernández Puertas, (Fernández Puertas, 2008).	184
Figura 2.19. Trazado definitivo de la Fachada interior de la puerta de San Sebastián, (Fernández Puertas, 2009).	184
Figura 2.20. Trazado interior de la puerta de los Deanes (s. VIII). (Hernández Giménez, 1975).	185
Figura 2.21. Trazado de la ampliación llevada a cabo por 'Abd al-Rahman II. (Fernández Puertas, 2000).	186
Figura 2.22. Trazado de la ampliación de 'Abd al-Rahman III. (Fernández Puertas, 2000).	187
Figura 2.23. Trazado de la ampliación de al-Hakam II. (Fernández Puertas, 2000).	188
Figura 2.24. Trazado de la última ampliación llevada a cabo por Almanzor. (Fernández Puertas, 2000).	188

<i>Figura 2.25. Módulos y patrones ballados según el estudio de Roldán, -(Roldán, 2015).</i>	189
<i>Figura 2.26. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 1.</i>	190
<i>Figura 2.27. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 2.</i>	191
<i>Figura 2.28. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 3.</i>	191
<i>Figura 2.29. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 4.</i>	192
<i>Figura 2.30. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 5.</i>	192
<i>Figura 2.31. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 6.</i>	193
<i>Figura 2.32. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 7.</i>	193
<i>Figura 2.33. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 8.</i>	194
<i>Figura 3.1. Llamada a oración. (Bebrens-Abouseif, et al., 2010).</i>	201
<i>Figura 3.2. San Simeón estilita. (Tennyson, 1901).</i>	202
<i>Figura 3.3. Localización de los pilares estilitas. (Schachner, 2008).</i>	203
<i>Dicho emplazamiento tiene una importante influencia bizantina. En él podemos encontrar un campamento, un cementerio y una pequeña ciudad en la que hay al menos ocho edificios, además de varias Iglesias, Figura 3.4.</i>	
<i>Figura 3.4. Vista aérea de Kastrom Mefa'a. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).</i>	204
<i>Figura 3.4. Vista aérea de Kastrom Mefa'a. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).</i>	204
<i>Figura 3.5. Alzado y perfil de la torre estilita. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).</i>	206
<i>Figura 3.6. Cruces en la torre estilita. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).</i>	206
<i>Figura 3.7. Patio de los Naranjos, litografía de época. (Nieto Cumplido, 2007).</i>	212
<i>Figura 3.8. Cimentación del alminar, vistas N, E, S, O. (Hernández Giménez, 1975).</i>	214
<i>Figura 3.9. Planta a fines del siglo VIII. Plano de L. Torres Balbas, 1957. (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).</i>	215
<i>Figura 3.10. Planta general a fines del siglo VIII, (Marfil Ruiz, 2010).</i>	216
<i>Figura 3.11. Reconstrucción del desembarco de la escalera en la azotea.</i>	218
<i>Figura 3.12. Reconstrucción fotogramétrica de la ventana NO del alminar de San Juan.</i>	220
<i>Figura 3.13. Medidas de la ventana del alminar de la Iglesia de Santiago.</i>	221
<i>Figura 3.14. Ventana del alminar de Hisbām I.</i>	222
<i>Figura 3.15. Puerta del alminar y cimentación encontrada por Hernández, (Hernández Giménez, 1975), en el patio de los naranjos.</i>	223
<i>Figura 3.16. Interior y altura de los dos cuerpos del alminar.</i>	225
<i>Figura 3.17. Bóvedas de las escaleras del alminar.</i>	226
<i>Figura 3.18. Segundo cuerpo del alminar y terminación mediante cúpula.</i>	226
<i>Figura 3.19. Mosaico de la ciudad de Kastrom Mefa'a. APAAME (Aerial Photographic Archive for Archaeology in the Middle East), University of Western Australia and Oxford University.</i>	228
<i>Figura 3.20. Modelado tridimensional de las almenas con el software Solid Edge.</i>	228
<i>Figura 3.21. Restos del enfocado original de Madinat al-Zabra'.</i>	229
<i>Figura 4.1. Sellos de la ciudad de Córdoba. A la izquierda, siglo XIV, a la derecha, siglo XV. (Torres Balbás, 1958).</i>	242
<i>Figura 4.2. Escudos ubicados en la Puerta de Santa Catalina de la Catedral de Córdoba. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).</i>	243
<i>Figura 4.3. Escudo hornacina Capilla de la Inmaculada Concepción, 1680. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).</i>	244
<i>Figura 4.4. Libro Coral n°28, Archivo Santa Iglesia Catedral de Córdoba. Ms. 28. Libro coral M-47. Siglo XVI. c. 1504.</i>	244
<i>Figura 4.5. Planos de Planta de la restitución propuesta (Hernández Giménez, 1975).</i>	247
<i>Figura 4.6. Ubicación de la puerta de entrada Norte. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).</i>	248
<i>Figura 4.7. Plano de Planta baja del alminar de 'Abd al-Rahman III. Trazado y restitución de Hernández Giménez, 1975.</i>	249
<i>Figura 4.8. Resto del encadenado de madera inferior, interior del muro Este del alminar.</i>	250
<i>Figura 4.9. Dibujo de los encadenados de madera según Hernández Giménez, 1975.</i>	250
<i>Figura 4.10. Trazado de las falsas bóvedas y las bóvedas decorativas según restitución propia.</i>	251
<i>Figura 4.11. Arco y pilastras de decoración en el interior del Alminar.</i>	252
<i>Figura 4.12. Restos de bóveda decorativa en el interior del alminar de 'Abd al-Rahman III.</i>	252
<i>Figura 4.13. Restos de enlucido original en el interior del alminar de 'Abd al-Rahman III.</i>	253
<i>Figura 4.14. Restos de la ventana de tres ojos del lado Este del alminar, encontrada por Félix Hernández. Al lado, restitución propuesta por el arquitecto, (Hernández Giménez, 1975).</i>	254

Figura 4.15. ‘amud del alminar del cortijo del Chanciller en Alcolea, Córdoba. Actualmente en el Museo Arqueológico de Córdoba. (Torres Balbás, 1958).	256
Figura 4.16. Restitución del exterior del alminar de ‘Abd al-Rahman III, (Hernández Giménez, 1975).	257
Figura 4.17. Restitución del interior del alminar de ‘Abd al-Rahman III, (Hernández Giménez, 1975).	258
Figura 4.18. Rejilla de acceso a la parte inferior del alminar.	259
Figura 4.19. Restos de los escalones de entrada al alminar.	260
Figura 4.20. Pasillo izquierdo tapiado durante el siglo XVI. A la derecha, restos de las jambas de la puerta Sur del alminar.	260
Figura 4.21. Escalones de subida a la primera esquina Sureste.	261
Figura 4.22. Restos de la ida de escalera Este dirección Sur-Norte.	262
Figura 4.23. Pasos seguidos para la generación del modelo con Agisoft Photoscan.	262
Figura 4.24. Unión y desembarque de las escaleras en la azotea. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.	264
Figura 4.25. Diferencia entre las bóvedas efectivas y las bóvedas decorativas. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.	265
Figura 4.26. Encadenados de madera modificados para permitir el paso. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.	265
Figura 4.27. Alminar en el software Blender para el renderizado del video.	267
Figura 4.28. Texturas utilizadas para las puertas del alminar y para el interior de las ventanas ciegas.	267
Figura 4.29. Escala de Evidencia aplicada en el Portus Theodosiacus. Proyecto Byzantium 1200.	269
Figura 4.30. Escala de Evidencia aplicada en al Gran Palacio de Bizancio. Proyecto Byzantium 1200.	269
Figura 4.31. Escala de Evidencia Histórico/ Arqueológica propuesta modificada por Aparicio Resco.	270
Figura 4.32. Escala de Evidencia Histórico/ Arqueológica aplicada a una Torre-Atalaya. Pablo Aparicio Resco.	270
Figura 4.32. Tabla de Access con las Unidades de Reconstrucción. (Molina Vidal y Muñoz Ojeda, 2015).	272
Figura 4.33. Escala de Evidencia original aplicada sobre el alminar de ‘Abd al-Rahman III.	274
Figura 4.34. Escala de Evidencia original aplicada sobre un sector de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I.	275
Figura 4.35. Escala de Evidencia propuesta.	278
Figura 4.36. Escala de Evidencia propuesta aplicada al alminar de ‘Abd al-Rahman III.	278
Figura 4.37. Escala de Evidencia propuesta aplicada a un sector de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I.	279
Figura 5.1. Plano del proyecto de Rodríguez Cano para extinción de incendios. Archivo General de la Administración (1933_31_04828_003).	287
Figura 5.2. Plano de maquinaria del proyecto de Rodríguez Cano para extinción de incendios. Archivo General de la Administración (1933_31_04828_004).	288
Figura 5.3. Plano de la Mezquita con la ubicación del Aljibe según (Gómez Moreno, 1951).	288
Figura 5.4. Plano con las conducciones del sistema Anti-incendios de EMACSA, 1961.	289
Figura 5.5. Dibujo del aljibe en planta y sección por el arquitecto Gabriel Ruiz Cabrero, 1981.	289
Figura 5.6. Lumbrera central de acceso al Aljibe. Antigua tubería de llenado de EMACSA y canalización de salida.	292
Figura 5.7. Restos de huesos sobre la capa de barro que cubre el suelo del aljibe.	292
Figura 5.8. Lumbrera central y boya para detener el llenado del aljibe.	293
Figura 5.9. Lumbrera oeste, restos del brocal de pozo cerámico. Debajo, las dos canalizaciones de llenado.	294
Figura 5.10. Lumbrera oriental desde el interior. Se puede observar el brocal de pozo cerámico.	294
Figura 5.11. Dr. Rafael E. Hidalgo Fernández moviendo el foco durante el proceso de toma de datos.	295
Figura 5.12. Nube de puntos dispersa calculada en el software Agisoft Photoscan.	297
Figura 5.13. Tratamiento de la malla con el software Meshlab.	297
Figura 5.14. Escalado y comprobación de medidas con el software Cloud Compare.	298
Figura 5.15. Modelo 3D CAD del aljibe en el software CFD Simulation.	298
Figura 5.16. Muestra de las firmas existentes en el interior del aljibe.	299
Figura 5.17. Plano de planta obtenido a partir de fotogrametría.	300
Figura 5.18. Planos de los alzados obtenidos a partir de fotogrametría.	301
Figura 5.19. Localización del aljibe y de sus canalizaciones de llenado y vaciado.	302
Figura 5.20. Distribución de agua en la Catedral durante el siglo XVIII. (Castaño Hinojo, 1978).	302
Figura 5.21. Sección Oeste-Este del aljibe con el Software CFD Simulation. Velocidad del agua.	304
Figura 5.22. Perspectiva del aljibe. Velocidad en las canalizaciones de entrada y salida y distribución del agua.	304
Figura 5.23. Gráfica de precipitaciones en mm en Córdoba durante el verano de 2016. AEMET.	305

Figura 5.24. Raíces atravesando el enfoscado de las bóvedas del aljibe	306
Figura 6.1. Vistas del software desarrollado por el equipo de Pierre Drap para el trabajo estratigráfico 3D. (Drap, P., et al. 2012).....	313
Figura 6.2. Distintos modelos fotogramétricos georreferenciados e insertados en ArcScene (Kimball, 2016).....	314
Figura 6.3. Generación de los polígonos en ArcScene y fallos durante su creación (Kimball, 2016).....	314
Figura 6.4. Modelo CAD generado a partir de ortofotografía. (Achille et al., 2015).....	315
Figura 6.5. Sectores de la Mezquita-Catedral de Córdoba utilizados como ejemplo en el capítulo.	316
Figura 6.6. Localización de los Puntos de Control utilizados durante la restauración de la cubierta de Capilla Real.....	317
Figura 6.7. Fotografía con la ubicación de uno de los puntos sobre el contrafuerte del crucero.....	318
Figura 6.8. Localización de los Puntos de Control para el sondeo arqueológico de la Puerta de la Nave 17.	318
Figura 6.9. Digitalización de los sondeos dibujados manualmente en la excavación del Castillo de Montilla.	324
Figura 6.10. Detalle de la capa final del sondeo de la nave 17 documentada mediante fotogrametría.....	324
Figura 6.11. Capa final del sondeo de la nave 17 documentada mediante fotogrametría.	325
Figura 6.12. Detalle de los grafitos dibujados sobre los planos de perfil.....	325
Figura 6.13. Detalle de la ortofotografía obtenida.....	326
Figura 6.14. Detalle del uso de máscaras en Photoscan para mejorar el resultado final.....	327
Figura 6.15. Orientación y nube de puntos dispersa de la Tabla de la cubierta de Capilla Real.	327
Figura 6.16. Orientación y nube de puntos dispersa del levantamiento del Subsondeo 1.7 de la excavación.....	328
Figura 6.17. Diferencia de la calidad de la nube de puntos densa. Como muestra una basa del sondeo de la Nave 17.....	329
Figura 6.18. Diferencia de la densidad de la nube de puntos densa. Como muestra una basa del sondeo de la Nave 17.	329
Figura 6.19. Media de las distancias absolutas mostrando el error con respecto a la nube Mínima.....	330
Figura 6.20. Media de las distancias absolutas de la nube Baja-Mínima.	330
Figura 6.21. Media de las distancias absolutas de la nube Media-Mínima.	330
Figura 6.22. Media de las distancias absolutas de la nube Alta-Mínima.....	331
Figura 6.23. Media de las distancias absolutas de la nube Extra Alta-Mínima.....	331
Figura 6.24. Diferencia de la malla en alta calidad sobre distintas calidades de la nube de puntos densa.....	332
Figura 6.25. Diferencia de calidad de la textura generada para el modelo tridimensional.	333
Figura 6.26. Modelo fotogramétrico generado para la capa final de la excavación de la Nave 17.....	336
Figura 6.27. Modelo CAD introducido en Solid Edge.....	336
Figura 6.28. Generación del pavimento previo a la excavación en Solid Edge.....	337
Figura 6.29. Volumen total excavado en el sondeo.	337
Figura 6.30. Diferencias entre capas sucesivas de la excavación.....	338
Tabla 6.5. Tipos de Capa, Grosos de línea y color utilizado.	341
Tabla 6.6. Tipos de relaciones, símbolos y definición.	341
Figura 6.31. Sección Oeste del sondeo de la nave 17 insertado en Blender.....	343
Figura 6.32. Tabla de la cubierta de Capilla Real insertado en Blender.	343
Figura 6.33. Modo edición de Blender a través del menú desplegable.	344
Figura 6.34. Proceso de selección de la malla para dividir la UE.....	344
Figura 6.35. UE lista para ser dividida en una nueva malla.	345
Figura 6.36. Configuración de nuevos materiales para la identificación de fases y periodos en Blender.	345
Figura 6.37. Fases de las tejas y contrafuertes de la cubierta de Capilla Real.	346
Figura 6.38. Fases de la tabla de la cubierta de Capilla Real.	346
Figura 6.39. Fases de los Pares y Codaes de la cubierta de Capilla Real.....	347
Figura 6.40. Resultado final del Script de Arqueología diseñado en Blender.....	356
Figura 6.41. Resultado final del Script de Exportación diseñado en Blender.	357
Figura 6.42. Resultado de la exportación en formato txt de los datos arqueológicos.....	357
Página siguiente, Figura 7.1. Localización de las bóvedas de macsura en estudio. Plano base de los arquitectos Gabriel Ruiz Cabrero y Gabriel Rebollo Puig.....	385
Figura 7.3. Plano del arquitecto Félix Hernández, Hoja 3 de la Mezquita-Catedral de Cordoba, 1930 (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvea 1992).....	388
Figura 7.4. Manuscrito B de Leonardo da Vinci. Instituto de Francia (Ritcher, 1883).....	392
Figura 7.5. Extradós de las trompas decorativas de las cúpulas de Macsura (Marfil, 2004).....	394
Figura 7.6. Vigas y estructura de madera en el extradós de la cúpula central de Macsura.	394
Figura 7.7. Cúpulas del Cristo de la Luz (Fuentes González, 2013).	395

Figura 7.8. Cúpula de la Capilla de Belén, Convento de Santa Fe, Toledo. (Fuentes González, 2013).	395
Figura 7.9. Bóveda de la mezquita Al-Qaraouiyin, Fez (Terrase, 1968).	396
Figura 7.10. Bóvedas de Hôpital Saint-Blaise y Sainte-Croix d'Oloron (Sutter, 1997).	397
Figura 7.11. Bóvedas de la cocina de la Catedral de Durham (Billings, 1843).	398
Figura 7.12. Supuesta clave de las bóvedas de arcos entrecruzados armenias (Baltrusaitis, 1936).	399
Figura 7.13. Propuesta de construcción de las bóvedas laterales de Macsura, (Fuentes González, 2013).	400
Figura 7.14. Propuesta de construcción de las bóvedas laterales de Macsura, (Fuentes González, 2013).	400
Figura 7.15. Nomenclatura utilizada para la denominación de los muros, arcos y plementos de la bóveda Oeste.	402
Figura 7.16. Nomenclatura utilizada para la denominación de los muros, arcos y plementos de la bóveda Este.	403
Figura 7.17. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Perspectiva de la bóveda.	405
Figura 7.18. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Perspectiva inferior de la bóveda.	405
Figura 7.19. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Paramentos exteriores desde el Norte.	405
Figura 7.20. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Perspectiva.	406
Figura 7.21. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Perspectiva inferior.	406
Figura 7.22. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Malla de la bóveda sin textura.	406
Figura 7.23. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Detalle del interior del modelo con textura.	407
Figura 7.24. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Paramentos exteriores desde el Norte, con y sin textura.	407
Figura 7.25. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Perspectiva.	408
Figura 7.26. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Perspectiva inferior.	408
Figura 7.27. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Detalle del interior.	408
Figura 7.28. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Detalle del interior.	409
Figura 7.29. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Paramentos exteriores desde el Norte, con y sin textura.	409
Figura 7.30. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Extradós de la bóveda. Se observan las vigas de madera y parte de los plementos de la cúpula gallonada.	410
Figura 7.31. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Sección de la bóveda N-S.	410
Figura 7.32. Trazado geométrico de las bóvedas, (Fernández-Puertas, 2009).	411
Figura 7.33. Planta de la bóveda Oeste. Signatura y mediciones realizadas en los arcos de la bóveda.	412
Figura 7.34. Planta de la bóveda Este. Signatura y mediciones realizadas en los arcos de la bóveda.	412
Figura 7.35. Planta de la bóveda Oeste. Medición de los lados del octógono. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.	414
Figura 7.36. Planta de la bóveda Oeste. Medición de los lados del cuadrado. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.	415
Figura 7.37. Planta de la bóveda Este. Medición de los lados del octógono. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.	416
Figura 7.38. Planta de la bóveda Este. Medición de los lados del cuadrado. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.	417
Figura 7.39. Bóveda oeste. UC10, arco EC01.	420
Figura 7.40. Bóveda oeste. UC46, arco EC08.	421
Figura 7.41. Bóveda oeste. UC18, arco EC04.	422
Figura 7.42. Bóveda oeste. UC45, arco EC06.	423
Figura 7.43. Bóveda oeste. UC11, arco EC02.	424
Figura 7.44. Bóveda oeste. UC44, arco EC07.	425
Figura 7.45. Bóveda oeste. UC17, arco EC03.	426
Figura 7.46. Bóveda oeste. UC43, arco EC05.	427
Figura 7.47. Bóveda este. UC10, arco EC01.	430
Figura 7.48. Bóveda este. UC54, arco EC08.	431
Figura 7.49. Bóveda este. UC20, arco EC04.	432
Figura 7.50. Bóveda este. UC53, arco EC06.	433
Figura 7.51. Bóveda este. UC11, arco EC02.	434
Figura 7.52. Bóveda este. UC52, arco EC07.	435
Figura 7.53. Bóveda este. UC19, arco EC03.	436
Figura 7.54. Bóveda este. UC51, arco EC05.	437
Figura 7.55. Forro de madera de los paramentos exteriores de la bóveda oeste.	440
Figura 7.56. Soportes del forro de madera de los paramentos exteriores de la bóveda este.	441

<i>Figura 7.57. Modelo fotogramétrico de los paramentos exteriores. Se puede observar el contrafuerte, el arranque del arco y las vigas de madera en la parte superior del muro.</i>	441
<i>Figura 7.58. Modelo CAD de los paramentos exteriores de la bóveda oeste.</i>	442
<i>Figura 7.59. Ejemplo de monteá utilizada para la talla de dovelas en bóvedas góticas (Palacios y Martín, 2009).</i>	443
<i>Figura 7.60. Planta de la cúpula de la Iglesia del Santo Sepulcro, Torres del Río, Navarra, (Sutter, 1997).</i>	444
<i>Figura 7.61. Proporción del trazado de las cúpulas laterales de Macsura (Fuentes y Huerta, 2010).</i>	444
<i>Figura 7.62. Modelo fotogramétrico de las dovelas de los arcos de la bóveda este.</i>	445
<i>Figura 7.63. Sondeos realizados en los arcos de la cúpula oeste. Se ha evitado en todo momento la decoración original.</i>	445
<i>Figura 7.64. Sondeos realizados en los arcos de la cúpula este.</i>	446
<i>Figura 7.65. Construcción de los arcos EC01 y EC02 con las dovelas preparadas para recibir el resto de arcos. A la izquierda se muestra una perspectiva isométrica y a la derecha la planta.</i>	447
<i>Figura 7.66. Construcción de los arcos EC03 y EC04.</i>	447
<i>Figura 7.67. Detalle de la unión del arco EC03 con el arco EC02.</i>	448
<i>Figura 7.68. En amarillo los arcos EC07 y EC08.</i>	448
<i>Figura 7.69. En azul se añaden los últimos arcos EC05 y EC06.</i>	449
<i>Figura 7.70. Arcos de la bóveda con el largo de las dovelas supuesto en color crema.</i>	449
<i>Figura 7.71. Intersección de los distintos arcos de las bóvedas y recubrimiento de las intersecciones con mortero de cal y arena.</i>	450
<i>Figura 7.72. Hierros rectangulares insertados en el arranque de los arcos por el interior y exterior de las bóvedas.</i>	450
<i>Figura 7.73. Hierros rectangulares dibujados en el modelo CAD de la cúpula para verificar sus intersecciones.</i>	451
<i>Figura 7.74. Cúpula y estructura de la mezquita mayor de Túnez (Torres Balbás, 1936).</i>	451
<i>Figura 7.75. Distintos tipos de cimbras según Taylor y Rondelet, (Rondelet, 1810; Taylor, 2006).</i>	452
<i>Figura 7.76. Talla de la plementería según el arquitecto Gelabert, 1653 (Rabasa Díaz, 2008).</i>	453
<i>Figura 7.77. Cata realizada en los plementos de la cúpula este. Se aprecia el despiece de la sillería.</i>	453
<i>Figura 7.78. Octógonos de madera superiores e inferior sobre el modelo CAD.</i>	454
<i>Figura 7.79. Distribución del Pino Laricio en la península ibérica (Vignote Peña, 2014).</i>	455
<i>Figura 7.80. Detalle de las cúpulas de macsura en Wynngaerde, 1567, (Kagan, 1986).</i>	456
<i>Figura 7.81. Modelo fotogramétrico de la cubierta de la bóveda oeste en su estado actual.</i>	456

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Relación entre R2 y R1.....	88
Gráfico 1.2. Variación de R1 a lo largo de los siglos.....	88
Gráfico 1.3. Gráfico Q-Q normal de la variable Altura de los cimacios.....	128
Gráfica 1.4. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Máxima de los cimacios.....	129
Gráfica 1.5. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Mínima de los cimacios.....	130
Gráfico 1.6. Gráfico Q-Q normal de la variable altura de los capiteles.....	131
Gráfico 1.7. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro Mínimo de los capiteles.....	132
Gráfico 1.8. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Máxima de los capiteles.....	133
Gráfico 1.9. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro inferior de los fustes.....	134
Gráfico 1.10. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro a 1 metros de los fustes.....	135
Gráfico 1.11. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro a 2 metros de los fustes.....	136
Gráfico 1.12. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro superior de los fustes.....	137
Gráfico 1.13. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro del sumoscapo de los fustes.....	138

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Dimensiones de los alminares en estudio.....	81
Tabla 1.2. Clasificación de los distintos tipos de codo.....	82
Tabla 1.3. Número de codos en función de la anchura de la base.....	85
Tabla 1.4. Clasificación por época de los alminares según el análisis discriminante llevado a cabo.....	86
Tabla 1.5. Predicción de la disposición interior de los alminares a partir de un análisis neural.....	86
Tabla 1.6. Predicción de la disposición interior sin el alminar octogonal de Madinat al-Zabra'.....	87
Tabla 1.7. Relaciones entre las dimensiones y la época de los alminares.....	87
Tabla 1.8. Tabla de variables de los cimacios.....	106
Tabla 1.9. Tabla de variables de los capiteles.....	110
Tabla 1.10. Tabla de variables de los capiteles – 1ª Parte.....	114
Tabla 1.11. Tabla de variables de los capiteles – 2ª Parte.....	118
Tabla 1.12. Tabla de variables de las Basas – 1ª Parte.....	122
Tabla 1.13. Tabla de variables de las Basas – 2ª Parte.....	126
Tabla 1.14. Análisis descriptivo de la variable altura de los cimacios.....	127
Tabla 1.15. Análisis descriptivo de la variable longitud máxima de los cimacios.....	128
Tabla 1.16. Análisis descriptivo de la variable longitud mínima de los cimacios.....	129
Tabla 1.18. Análisis descriptivo de la variable altura de los capiteles.....	131
Tabla 1.19. Análisis descriptivo de la variable Diámetro mínimo de los capiteles.....	132
Tabla 1.20. Análisis descriptivo de la Longitud Máxima de los capiteles.....	133
Tabla 1.23. Análisis descriptivo de la variable Diámetro inferior de los fustes.....	134
Tabla 1.24. Análisis descriptivo de la variable Diámetro a 1 metro de los fustes.....	135
Tabla 1.25. Análisis descriptivo de la variable Diámetro a 2 metros de los fustes.....	136
Tabla 1.26. Análisis descriptivo de la variable Diámetro Superior de los fustes.....	137
Tabla 1.27. Análisis descriptivo de la variable Diámetro del sumoscapo de los fustes.....	138
Tabla 1.17. Conglomerado de Cimacios. Cimacios que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.....	140
Tabla 1.21. Conglomerado de Capiteles. Se muestran los capiteles que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.....	146
Tabla 1.22. Conglomerado de Capiteles. Se muestran los capiteles que han sido agrupados en función de su estilo, material y época, siendo atribuibles a un mismo edificio romano o tardoantiguo.....	148
Tabla 1.28. Conglomerado de Fustes. Se muestran los fustes que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.....	157
Tabla 2.1. Dimensiones de las diferentes ventanas de los alminares con relación 7/8 entre flecha/diámetro.....	195
Tabla 6.1. Muestra de la cantidad de fotografías necesarias para el levantamiento 3D de distintos modelos.....	320
Tabla 6.2. Tiempos de fotografías, calculo y metros cuadrados documentados durante el sondeo de la Nave 17.....	322
Tabla 6.3. Resumen de los tiempos de trabajo y metros cuadrados totales para el sondeo.....	323
Tabla 6.4. Resumen de los tiempos de trabajo y metros cuadrados totales de la excavación del Castillo de Montilla.....	323
Tabla 7.1. Localización y número de fotografías realizadas durante el proceso de fotogrametría.....	404
Tabla 7.2. Medición del ancho de los arcos de las bóvedas laterales de macsura y comparación con nº de codos.....	413
Tabla 7.3. Medición de los lados de la bóveda oeste y comparación con el nº de codos ma'muni.....	418
Tabla 7.4. Medición de los lados de la bóveda este y comparación con el nº de codos ma'muni.....	419
Tabla 7.5. Mediciones de los arcos de la bóveda oeste.....	428
Tabla 7.6. Mediciones de los arcos de la bóveda oeste reordenados.....	429
Tabla 7.7. Mediciones de los arcos de la bóveda este.....	438
Tabla 7.8. Mediciones de los arcos de la bóveda este reordenadas.....	439
Tabla 7.9. Medias, máximos y mínimos de los radios y cotas de los arcos de las cúpulas este y oeste.....	439

INDICE DE CÓDIGOS QR

<i>Localización Alminar Ibn Adabbas, Sevilla</i>	55
<i>Localización Alminar Iglesia de Santiago, Córdoba</i>	57
<i>Localización Alminar de la Iglesia de San Juan de los Caballeros, Córdoba</i>	60
<i>Localización Alminar de Santa María de la Granada de Niebla, Huelva</i>	63
<i>Localización Alminar de Velefique, Almería</i>	64
<i>Localización Alminar de la Ermita de Santiago del Camino, Medina Sidonia, Cádiz</i>	65
<i>Localización Alminar de Santa Clara, Córdoba</i>	67
<i>Localización Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz</i>	71
<i>Localización Alminar de la Iglesia de la Magdalena, Jaén</i>	72
<i>Localización Alminar de Archéz, Málaga</i>	73
<i>Localización Alminar de Cuatrovitas, Sevilla</i>	74
<i>Localización Alminar de la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba</i>	75
<i>Localización del Alminar</i>	199
<i>Localización del Alminar</i>	237
<i>Modelo 3D (Sketchfab)</i>	251
<i>Modelo 3D (Sketchfab)</i>	263
<i>Modelo 3D (Sketchfab)</i>	264
<i>Modelo 3D (Sketchfab)</i>	266
<i>Video (Youtube)</i>	266
<i>Modelo 3D Sketchfab</i>	277
<i>Modelo 3D Sketchfab</i>	279
<i>Modelo 3D Sketchfab</i>	279
<i>Localización del Aljibe</i>	285
<i>Canalización Norte</i>	293
<i>Canalización Oeste</i>	294
<i>Toma de fotografías</i>	296
<i>Exterior Aljibe 3D</i>	296
<i>Interior Aljibe 3D</i>	297
<i>Sección del Aljibe 3D</i>	298
<i>Video interior Aljibe</i>	298
<i>Modelado 3D Solid Edge</i>	300
<i>Celosía Exterior</i>	361
<i>Celosía Interior</i>	362
<i>Levantamiento 1-1</i>	362
<i>Levantamiento 1-2</i>	362
<i>Levantamiento 1-3</i>	363
<i>Levantamiento 1-4</i>	363
<i>Levantamiento 1-5</i>	363
<i>Levantamiento 1-6</i>	364
<i>Levantamiento 1-7</i>	364
<i>Levantamiento 2-1</i>	364
<i>Levantamiento 2-2</i>	365
<i>Levantamiento 2-3</i>	365
<i>Levantamiento 2-4</i>	365
<i>Levantamiento 2-5</i>	366
<i>Levantamiento 2-6</i>	366
<i>Levantamiento 2-7</i>	366
<i>Levantamiento 2-8</i>	367
<i>Levantamiento 2-9</i>	367
<i>Levantamiento 3-1</i>	367

<i>Levantamiento 3-2</i>	368
<i>Levantamiento 3-3</i>	368
<i>Levantamiento 3-4</i>	368
<i>Levantamiento 3-5</i>	369
<i>Levantamiento 3-6</i>	369
<i>Levantamiento 3-7</i>	369
<i>Levantamiento 3-8</i>	370
<i>Levantamiento 3-9</i>	370
<i>Levantamiento 3-10</i>	370
<i>Levantamiento 3-11</i>	371
<i>Levantamiento 3-12</i>	371
<i>Levantamiento 3-13</i>	371
<i>Levantamiento 4-1</i>	372
<i>Levantamiento 4-2</i>	372
<i>Levantamiento 4-3</i>	372
<i>Levantamiento 4-4</i>	373
<i>Levantamiento 4-5</i>	373
<i>Levantamiento 4-6</i>	373
<i>Levantamiento 4-7</i>	374
<i>Levantamiento 4-8</i>	374
<i>Levantamiento 4-9</i>	374
<i>Levantamiento 4-10</i>	375
<i>Levantamiento 4-11</i>	375
<i>Levantamiento 4-12</i>	375
<i>Levantamiento 4-13</i>	376
<i>Levantamiento 4-14</i>	376
<i>Levantamiento 4-15</i>	376
<i>Levantamiento 4-16</i>	377
<i>Levantamiento 4-17</i>	377
<i>Levantamiento 4-18</i>	377
<i>Sondeo T1</i>	378
<i>Sondeo T2</i>	378
<i>Sondeo. Perfil 01</i>	378
<i>Sondeo. Perfil 02</i>	379
<i>Localización Geográfica</i>	385
<i>Localización Cristo de la Luz, Toledo</i>	395
<i>Localización Capilla de Belén, Convento de Santa Fe, Toledo</i>	395
<i>Localización de la mezquita Al-Qaraouiyin, Fez, Marruecos</i>	396
<i>Localización de las Iglesias Hôpital Saint-Blaise y Sainte-Croix d'Oloron</i>	397
<i>Localización de la Catedral de Durham</i>	398

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN



Mezquita-Catedral de Córdoba desde la orilla del río a principios del siglo XX.

Capítulo 1. Introducción y Objetivos

La tesis doctoral se enmarca dentro del programa de doctorado de *Ingeniería agraria, alimentaria, forestal y de desarrollo rural sostenible* en la línea de investigación de *Diseño en la Ingeniería y Arquitectura* desarrollada en el *Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática* de la Universidad de Córdoba, siendo su director el profesor Dr. Rafael Enrique Hidalgo Fernández.

La tesis ha sido titulada “*La Mezquita Catedral de Córdoba. Metodología de Trabajo para Reconstrucciones Virtuales*” y pretende ser el pilar fundamental a partir del cual se puedan llevar a cabo reconstrucciones virtuales científicas correctamente documentadas. Dejando a un lado las recreaciones virtuales hiperrealistas para el sector turístico, en este caso se plantean reconstrucciones con valor científico para los diferentes técnicos. Como pueden ser arqueólogos, arquitectos, historiadores, historiadores del arte, ingenieros y todos aquellos que desarrollan su vida profesional en el campo del patrimonio y la arquitectura. Pretende por tanto realizar reconstrucciones virtuales que tengan en cuenta estudios de fluidos, estudios estratigráficos, análisis estadísticos y catas realizadas por arqueólogos o restauradores.

Actualmente, este tipo de trabajos y proyectos de investigación se han llevado a cabo teniendo en cuenta solamente técnicas parciales en ellos, nunca teniendo en cuenta el conjunto de todas las opciones disponibles para realizarlos. Mediante el presente estudio se pretende realizar una metodología de trabajo que incorpore, mejore y añada nuevas técnicas necesarias para llevar a cabo una reconstrucción virtual científica de cualquier emplazamiento, tanto arqueológico como arquitectónico. Los ejemplos necesarios para verificar la metodología propuesta se llevarán a cabo en la Mezquita-Catedral de Córdoba.

El excepcional valor de este edificio servirá para llevar a cabo metodologías de trabajo en distintos ámbitos, desde excavaciones arqueológicas hasta el estudio constructivo de arcos y bóvedas. Además, se llevarán a cabo las restituciones de los dos alminares con los que contó la Mezquita y de los cuales se conservan restos o indicios arqueológicos suficientes como para plantear su reconstrucción virtual.

Se debe tener en cuenta que la tesis no trata únicamente de realizar una recopilación de diferentes técnicas, sino de una mejora de las mismas, creación de nuevas e integración de todas ellas en un mismo proyecto de forma coordinada. Se irán planteando una serie de pasos o metodología a seguir cuando se quiera llevar a cabo cualquier reconstrucción tridimensional en cualquier yacimiento arqueológico o edificio histórico.

Actualmente no existe una metodología de trabajo, quedando bajo la responsabilidad del técnico encargado de la reconstrucción virtual la correcta investigación, objetividad y claridad en la exposición de los resultados obtenidos. Por este motivo la presente tesis es necesaria, ya que aún no se ha llevado a cabo una propuesta metodológica completa para realizar reconstrucciones virtuales con una base científica adecuada.

Al tratarse de una tesis cuyo objetivo principal es establecer una metodología de trabajo a la hora de llevar a cabo reconstrucciones virtuales, la metodología con la que se lleve a cabo la misma tiene una gran importancia. Por ello se ha estructurado de la siguiente forma,

Capítulo 2. Breve Historia de la Mezquita-Catedral de Córdoba. En este capítulo se resumirá la historia del edificio para poder entender claramente los capítulos de metodología y la ubicación de las distintas zonas.

Capítulo 3. Metodología y Resultados. Este capítulo está dividido a su vez en siete subcapítulos, cada uno de ellos con su propia introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Capítulo 3.1. Estadística. En este capítulo se presentarán algunas de las herramientas estadísticas que pueden servir para la obtención y análisis de nuevos datos. En este caso nos centraremos en dos ejemplos, los alminares de Andalucía y el sector de columnas de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I. Como se analizará en el capítulo el uso de técnicas estadísticas resulta imprescindible para obtener relaciones, proporciones y patrones en las construcciones que ayudarán o influirán en la reconstrucción virtual realizada.

Capítulo 3.2. Geometría y Matemáticas. Este capítulo pretende mostrar el conocimiento en geometría y matemáticas existente en la Edad Media y por tanto los conocimientos que tenían los maestros canteros y arquitectos que edificaron la Mezquita-Catedral de Córdoba. Además, se hará una recopilación de los estudios geométricos y matemáticos realizados hasta ahora en la Mezquita-Catedral de Córdoba, así como el diseño geométrico de las ventanas de arcos gemelos islámicas.

Capítulo 3.3. Tras los análisis estadísticos y geométricos realizados en los capítulos 3.1 y 3.2 se plantea reconstruir tridimensionalmente el primer alminar de al-Andalus, el alminar de Hishām I. Para ello se analizarán las fuentes y se planteará la metodología seguida para realizar una reconstrucción virtual con una base científica.

Capítulo 3.4. En este capítulo se llevará a cabo la reconstrucción del alminar de ‘Abd al-Rahman III a partir del estudio realizado por Félix Hernández Giménez y los datos recopilados durante la ejecución de la tesis. Además, se analizará y modificará la escala de colores generada para el proyecto Byzantium 1200. Ésta escala muestra la certidumbre de los datos de una reconstrucción virtual, haciendo posible mostrar la fiabilidad de nuestras reconstrucciones en función de la procedencia y conocimiento de los datos de cada sector.

Capítulo 3.5. El principal objetivo de este capítulo es demostrar la importancia del uso de softwares de ingeniería en el patrimonio. Como ejemplo se utilizará el levantamiento tridimensional del aljibe de Almanzor, construido en la Mezquita-Catedral de Córdoba en el siglo X y el cual se encuentra a diez metros de profundidad bajo el Patio de los Naranjos. Haciendo uso de este aljibe y de un software de cálculo de fluidos se analizará el tiempo de llenado, velocidad y movimiento del agua por su interior.

Capítulo 3.6. Será en este capítulo donde se llevará a cabo la metodología de trabajo para la documentación y lectura estratigráfica tridimensional de excavaciones y restauraciones. Durante este capítulo se mostrará paso a paso como documentar una excavación en cada una de sus fases, obteniendo una documentación 4D. Además, esta excavación se integrará en un software para llevar a cabo la lectura estratigráfica en 3D. Por último, toda esta documentación será subida a una plataforma online para su divulgación científica y turística.

Capítulo 3.7. El último capítulo de Metodología de la tesis pretende estudiar el sistema constructivo de las bóvedas laterales de la macsura de la Mezquita-Catedral de Córdoba, construida por el califa al-Hakam II en el siglo X. Aunque este capítulo pretendía abarcar todo el sector de macsura, haciendo una recopilación completa de toda la metodología estudiada en los capítulos anteriores, debido a que los trabajos de investigación continúan y será necesario seguir con ellos durante el proceso de restauración, se ha decidido incorporar sólo aquellos datos de los que hasta el momento tenemos seguridad.

Capítulo 4. Conclusiones globales de la tesis y recapitulación de los objetivos conseguidos a lo largo de la misma.

Ésta será la metodología seguida en la tesis y los diferentes temas abordados en cada uno de los capítulos. El orden seguido pretende servir también como senda a seguir para llevar a cabo trabajos de reconstrucción virtual. Comenzando con los estudios estadísticos y terminando con los trabajos estratigráficos y constructivos de una excavación o edificio arquitectónico.

Objetivos de la tesis

1º. Estudio matemáticos y estadísticos de relaciones y medidas en las diferentes zonas de la Mezquita Catedral de Córdoba. Parte de este objetivo ya se llevó a cabo en el TFM “Reconstrucción del alminar de Hishām I de la Santa Iglesia Catedral de Córdoba, antigua Mezquita” presentado en 2014 en la Universidad de Córdoba. Ya en dicho trabajo se llegaron a importantes relaciones matemáticas dentro de los alminares ubicados en Andalucía. A lo largo de la tesis se pretende expandir dichos trabajos estadísticos en la sala de oración de la antigua Mezquita de ‘Abd al-Rahman I para catalogar sus columnas y verificar diversas hipótesis.

2º Mejora de la escala para establecer el nivel de certidumbre en las reconstrucciones virtuales de yacimientos arqueológicos o edificios históricos. Con el segundo objetivo se pretende crear una escala de certidumbre que permita conocer con exactitud y precisión no solo la proveniencia de los datos de nuestras reconstrucciones virtuales, sino también la fiabilidad de dichos datos, y por tanto, la fiabilidad de las reconstrucciones. Con este objetivo se pretende que las reconstrucciones no sean un mero objeto de publicidad para el turismo, sino que sirvan a científicos e investigadores que trabajen en el yacimiento.

3º Metodología de trabajo y desarrollo de estudios estratigráficos y paramentales en tres dimensiones para la mejora de los informes y la documentación de los emplazamientos arqueológicos. Actualmente los estudios paramentales y estratigráficos que se llevan a cabo en toda obra de restauración o excavación arqueológica se realizan en dos dimensiones, perdiendo parte de la información en dicho proceso. Además, trabajar en 2D implica tener

que trabajar con distintos planos a un mismo tiempo, uno de los objetivos de la presente tesis es llevar a cabo un sistema para trabajar en 3D, conllevando esto una pérdida mínima o nula de información y dejando un testigo fiable de la excavación para futuros investigadores.

4º Estudio constructivo de la Maqsura construida por el Califa al-Hakam II y búsqueda de paralelos en el mundo árabe y Bizantino. Recientemente se han iniciado los trabajos de investigación previos a la restauración que se llevará a cabo en todo este sector de la Mezquita Catedral de Córdoba. Dicho proyecto de investigación con una duración de un año y medio está formado por gran cantidad de técnicos cada uno encargado de una parte del mismo, como miembro de dicho proyecto mi labor es la de reconstrucción tridimensional, creación de las planimetrías y del estudio constructivo de las bóvedas y los muros de dicha zona.

Estos cuatro son los objetivos principales de la tesis, además de estos, a lo largo de la misma se irán añadiendo algunos objetivos secundarios, así como sus conclusiones. Cada capítulo de la metodología será un ente propio, siguiendo una estructura típica de un artículo o investigación científica. De esta forma cada capítulo consta de su propia introducción, metodología, resultados y conclusiones. Al final de la tesis se incluirá no obstante un resumen de las conclusiones más importantes de los objetivos principales y secundarios. Por último, se incluyen las futuras líneas de investigación que se seguirán una vez concluida la tesis.

CAPÍTULO 2. BREVE HISTORIA



Crucero de la Mezquita-Catedral de Córdoba, historia del arte del siglo I al XVI d.C.

Capítulo 2. Breve historia de la Mezquita-Catedral de Córdoba.

La Mezquita-Catedral está ubicada en la ciudad de Córdoba, España. Éste monumento fue declarado “*Monumento Nacional histórico-artístico*” en 1882, y posteriormente incluido en “*the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*” (UNESCO) en 1984. En el año 1994 se incluyó todo el casco histórico de Córdoba. Finalmente, en 2014 es declarada “*Bien de Excepcional Valor Universal*”. El edificio también está considerado el primero de los doce tesoros de España.

Parafraseando a Orti Belmonte, “*Tanto y tan eruditamente se ha escrito por arqueólogos y arabistas de la Mezquita cordobesa, que es osadía por mi parte coger la pluma*” (Orti Belmonte, 1970). No obstante, en aras de facilitar la comprensión de los distintos sectores estudiados a lo largo de la presente tesis, me veo en la obligación de exponer de forma breve la historia de este edificio.

Tras la conquista islámica de la ciudad de Córdoba en el año 712 d.C. las iglesias cristianas intramuros de la ciudad fueron destruidas para proceder a construir en su mismo emplazamiento las nuevas mezquitas. En el solar que ocupa actualmente la Mezquita-Catedral de Córdoba se erigía el Complejo Episcopal de San Vicente, posiblemente formado por distintos edificios (Nieto Cumplido, 2007). Ésta basílica visigoda fue partida en dos partes, una de ellas destinada al rezo cristiano y la otra destinada al rezo islámico, siendo utilizada como mezquita aljama o mezquita mayor de Córdoba.

Las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo por el arquitecto Félix Hernández en la década de 1930 demostraron la existencia de este complejo episcopal cuya extensión ocupa tanto el interior de la sala de oración como el exterior, en el Patio de los Naranjos. Las actuaciones arqueológicas recientes en la puerta de la nave 17, Figura 2.3, sector verde, han

puesto al descubierto los restos de dos muros tardoantiguos, siglo VI d.C. con la misma orientación a los encontrados por Félix Hernández.

La construcción de la actual Mezquita-Catedral comenzó en el año 786 d.C. cuando el emir independiente 'Abd al-Rahman I ante el crecimiento de la población islámica y como muestra de poder, decidió comprar la otra mitad de la basílica de San Vicente a los cristianos, a cambio de permitirles reconstruir sus iglesias extramuros de la ciudad. Tras la compra de la basílica comienzan los trabajos de cimentación, para lo que se realizarán cimentaciones puntuales para cada columna. El tiempo transcurrido desde su inicio hasta finalización será de poco más de un año, terminándose en el año 788 d.C. Figura 2.3 (A).

Esta primera mezquita fue construida con unas dimensiones de 79,02 metros por 78,88 metros, dividido en dos sectores. la sala del oratorio hacia el sur y el Patio (actual Patio de los Naranjos) hacia el norte. Interiormente la sala de oración estaba dividida en once naves de anchura decreciente desde la nave central, la de mayor anchura, hacia las naves laterales, correspondiendo las naves uno y once a las de menor anchura. Cada nave está formada por doce tramos con dirección norte-sur, desde el patio hacia el muro de quibla. La sala de oración se levanta sobre columnas reutilizadas en su totalidad y procedentes de construcciones romanas y visigodas. Basas, fustes, capiteles y cimacios del siglo I d.C. al VI d.C. sostienen esta magnífica mezquita. Las arquerías están compuestas por dos tipos de arco distinto. El arco de herradura, relacionado directamente con el mundo islámico y que sin embargo tiene origen visigótico, trabaja como riostra de los pilares, evitando que las columnas colapsen debido a empujes laterales. El arco superior es un arco de medio punto y se encarga de repartir las cargas de las cubiertas hacia cada una de las columnas. Estos arcos fueron construidos mediante la alternancia de sillares de piedra calcarenita y ladrillos, los cuales actúan como junta de dilatación de los arcos. Como escribe Orti Belmonte, “con lo cual dieron una policromía de color, extraordinario y eterno” (Orti Belmonte, 1970), Figura 2.2.

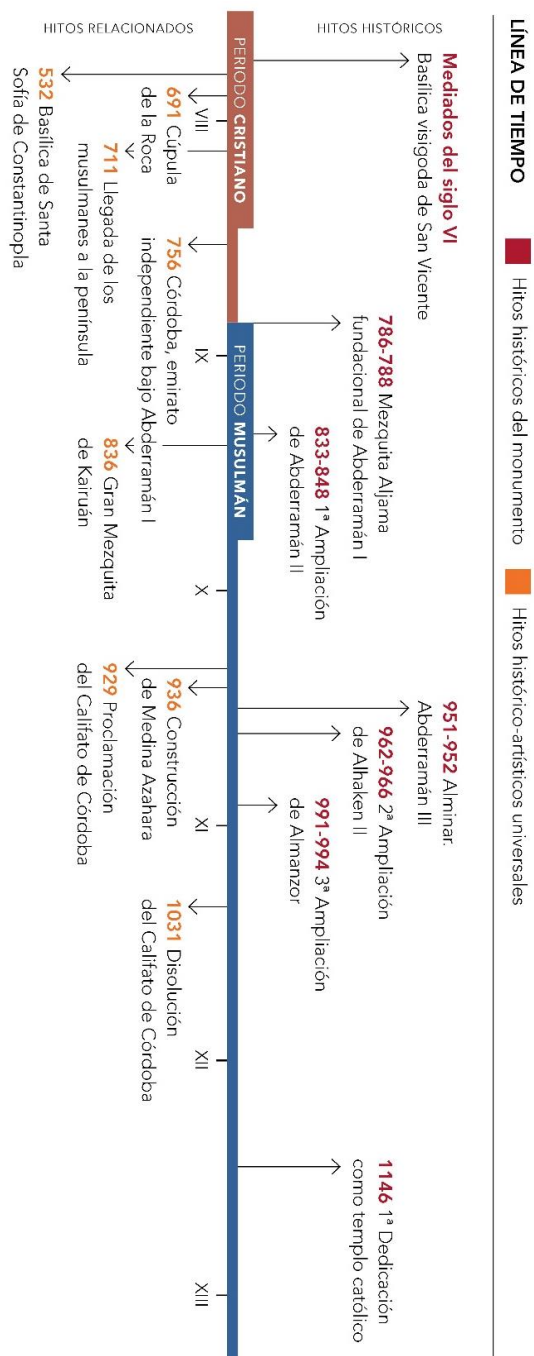


Figura 0.1. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.

Las cubiertas de esta mezquita son a dos aguas y sus arquerías trabajan como acueductos, transportando el agua de las cubiertas hacia el norte y el sur para desaguar. Quizás la peculiaridad más importante de esta mezquita es que su muro de quibla no se encuentra orientado hacia la Meca, si bien son distintas las teorías acerca de este *error* de orientación. El arquitecto Marfil opina que la mezquita fundacional fue construida teniendo en cuenta el callejero romano preexistente (Marfil, 2010). Sin embargo, otra teoría apunta hacia el paralelismo de sus muros con los muros de la *Ka'ba*, de la Mezquita de Jerusalén y la Meca (Nieto Cumplido, 2007).

Tras la muerte de ‘Abd al-Rahman I será su hijo, *Hishām I* el que termine la construcción del patio y la del primer alminar de esta mezquita. La cimentación de este alminar fue encontrada por Félix Hernández durante las excavaciones de la década de 1930. Aunque el patio actualmente se llama Patio de los Naranjos, durante su primera época no contó con ellos, ya que fueron introducidos en España en el siglo X d.C. Durante la primera etapa este patio estaría plantado con cipreses, palmeras y cinamomos entre otros (de la Casa, 2005). El nombre actual lo recibe gracias a la plantación de las hiladas de naranjos llevada a cabo en el siglo XVIII. Las actuales fuentes son del siglo XVII y XVIII, si bien parece que ocupan el mismo lugar de las originales islámicas.

La segunda ampliación de la mezquita será llevada a cabo por el emir ‘*Abd al-Rahman II* en el año 833-855 d.C. Figura 2.3 (B). Esta ampliación derribó el muro de quibla y amplió hacia el sur otros 24 metros la mezquita, siguiendo el mismo estilo y sistema utilizado en la primera mezquita. En esta ampliación las columnas seguirán siendo de material de acarreo romano y visigodo. El mihrab construido contaba con cuatro columnas y sobresalía hacia el exterior en el muro de quibla.

Aunque el autoproclamado califa ‘*Abd al-Rahman III* no intervino en la sala de oración de la mezquita, sí que derribó el alminar construido por Hishām I y edificó el alminar más grande y complejo construido hasta el momento, Figura 2.3 (C). El califa en este caso dedicó sus esfuerzos a la construcción de la ciudad de Madinat al-Zahra’, en la sierra cordobesa.

El momento de mayor esplendor del califato Omeya de Córdoba fue en el siglo X durante el califato de *al-Hakam II* y será durante su reinado cuando se lleve a cabo la ampliación más rica de toda la mezquita. Para ello se derribó el muro de quibla y se amplió hacia el sur de nuevo la mezquita. Las buenas relaciones del califa con el emperador bizantino Nicéforo Focas le llevarán a solicitar artesanos y maestros mosaiquistas para la construcción de esta ampliación.

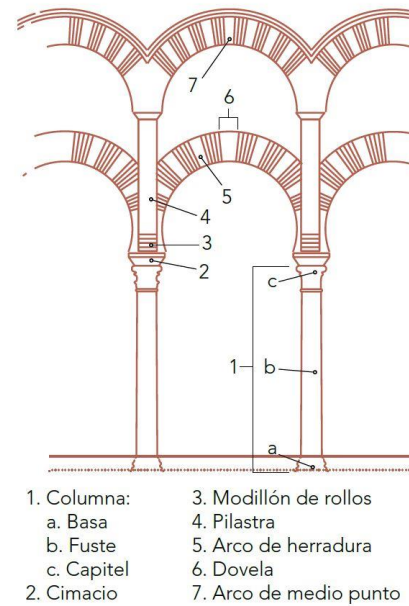


Figura 0.2. Sistema de arcos de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I, folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.

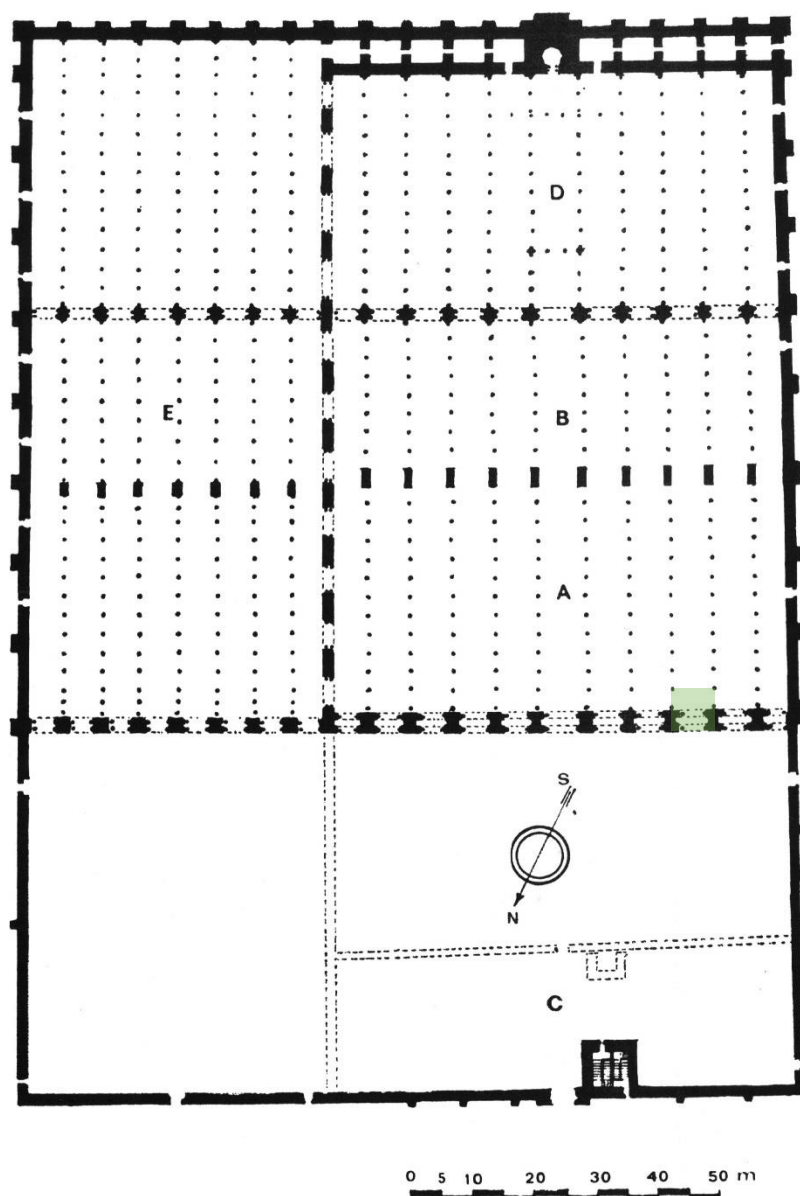


Figura 0.3. Mezquita planta tras la ampliación de Almanzor, (Golvin, 1979)

En este caso las columnas ya no serán de acarreo, al no quedar materiales para poder usarlos. Las columnas de este sector alternan los fustes, siendo los capiteles de pencas, estado previo al capitel de avispero, también presente en las cúpulas de la ampliación. Se construyeron un total de cuatro cúpulas en esta ampliación, la primera de ellas el lucernario será renombrado como Capilla de Villaviciosa tras la conquista cristiana de la ciudad. Las otras tres cúpulas se encuentran en el muro de quibla, en la macsura o parte noble de esta ampliación. La cúpula central, debido a que la nave central es más ancha que las laterales, es mayor, estando revestida por completo de mosaico. El doble muro de quibla construido en esta ampliación creará el *sabat*. El *sabat* es el pasillo de conexión existente entre la mezquita y los aposentos

del califa en el alcázar islámico, ubicado al otro lado de la calle actualmente ocupado por el Palacio Episcopal de Córdoba, Figura 2.3 (D).

El mihrab de *al-Hakam II* cuenta con las cuatro columnas del mihrab de *‘Abd al-Rahman II*, las cuales se trasladaron en la ampliación. Todo el frontal se encuentra decorado de mosaico bizantino con inscripciones fundacionales y coránicas. El interior cuenta con un nicho cubierto por una concha de yeso, estando todo su interior decorado con atauriques de motivos florales y mármol. Para un estudio detallado de esta ampliación véase la obra de Nieto Cumplido (Nieto Cumplido, 2007; Nieto Cumplido, 2016).

La última ampliación será la llevada a cabo por *Almanzor* a finales del siglo X. Ésta ampliación, aunque la mayor de todas, carece de la riqueza y belleza mostrada en las anteriores. Debido con la proximidad con el río de la mezquita, esta ampliación tuvo que hacerse hacia el oriente, derribando para ello la mayor parte del muro oriental, la sala de abluciones existente y soterrando la antigua calzada romana y todas las casas de ese sector. La ampliación se realizó tanto en la sala de oración como en el patio, Figura 2.3 (E).

En este caso el muro de quibla deja de ser doble y pasa a ser un único muro. Asimismo, las dovelas de los arcos dejan de usar el ladrillo, construyéndose todos los arcos con dovelas de piedra y manteniendo la alternancia cromática gracias al uso del enlucido y la pintura de almagra. Será también durante esta ampliación cuando se construya el aljibe de la Mezquita-Catedral, ubicado en el Patio de los Naranjos a diez metros de profundidad este aljibe permitía tener una reserva de agua para su uso.

Tras la reconquista de la ciudad de Córdoba en 1236 por las tropas del Rey Fernando III el Santo, la Mezquita sería consagrada como Iglesia por el obispo de Osma Juan de Soria. Recordamos al lector que serán un año después, en 1237 cuando se comience la

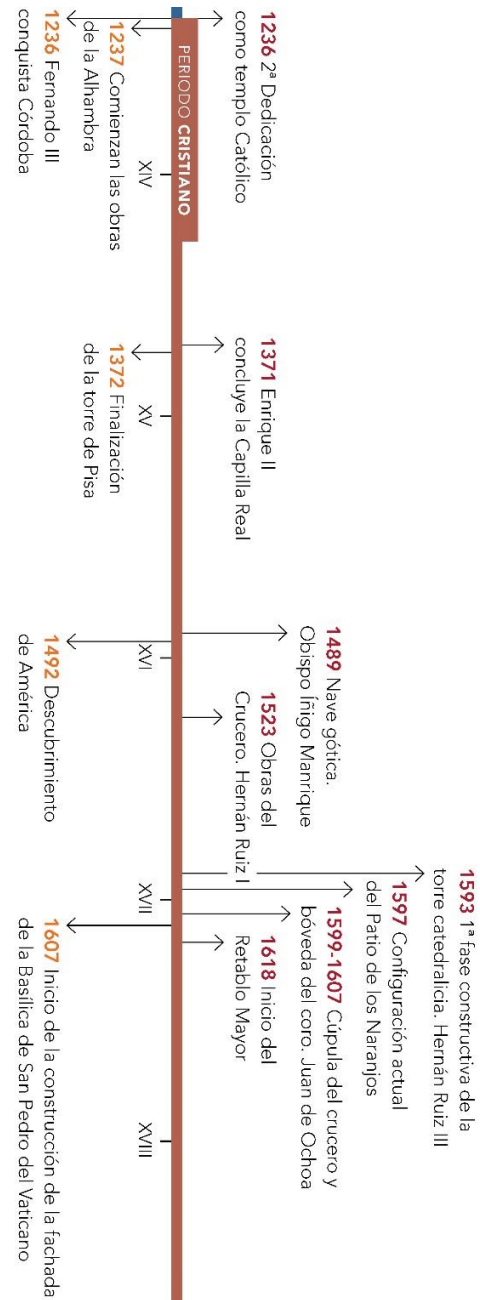


Figura 0.4. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.

construcción de la Alhambra de Granada, España. En el año 1239 se convertirá en Catedral de la ciudad, dedicada a la Virgen María.

En 1371 se construye la Capilla Real, ubicada hacia oriente de la Capilla de Villaviciosa. Aquí serán enterrados los reyes Fernando IV y Alfonso XI hasta el año 1736, cuando fueron trasladados a la iglesia de San Hipólito de Córdoba. En 1489 se finalizarán las obras de la nave gótica o capilla Mayor de la Catedral bajo el obispado de Íñigo Manrique. Figura 2.6, Sector Rojo.

La última gran intervención en el edificio será la llevada a cabo en el siglo XVI en 1523 por el obispo Alonso Manrique. Tras 84 años de obras y la intervención de cinco arquitectos, comenzando por Hernán Ruiz I con estilo gótico, aunque introduciendo elementos renacentistas y terminando con el maestro Juan de Ochoa con la construcción de la cúpula central del crucero, Figura 2.6, Sector Verde. Ésta construcción, aunque criticada, salvó la mezquita durante el terremoto de Lisboa en 1755, al actuar como elemento de contención de las hiladas de columnas. Además, la perfecta armonía conseguida en el crucero con la integración de los arcos islámicos de la mezquita consigue hacer de este edificio un monumento único. Capaz de combinar a la perfección columnas romanas del siglo I d.C., arcos islámicos del siglo VIII-X d.C. y un crucero cristiano del siglo XVI con postulados góticos, renacentistas y manieristas. De esta forma, colocándonos bajo la cúpula construida por Juan de Ochoa, con la representación de la Trinidad en su centro, podremos observar y analizar parte de la historia arquitectónica de los siglos I-XVI d.C.

Aunque la construcción del crucero finalizó en el siglo XVI, se seguirán haciendo capillas en la Catedral y obras en su patio y exterior hasta el siglo XVIII. Comenzando en el siglo XIX la etapa de restauración y conservación del edificio. El estudio completo acerca de las restauraciones llevadas a cabo puede estudiarse en *“De lo original a lo auténtico”* (Herrero, 2018).

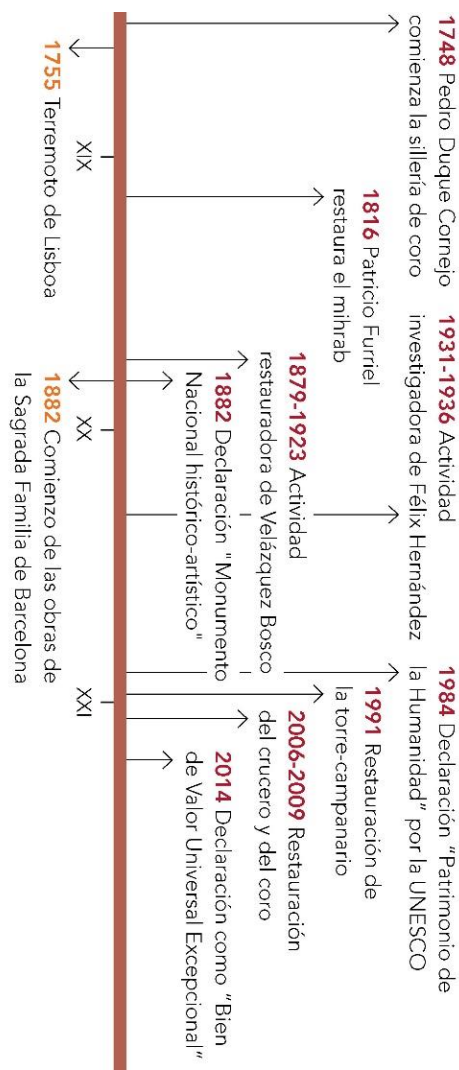


Figura 0.5. Línea temporal. Folleto visita Mezquita-Catedral de Córdoba.

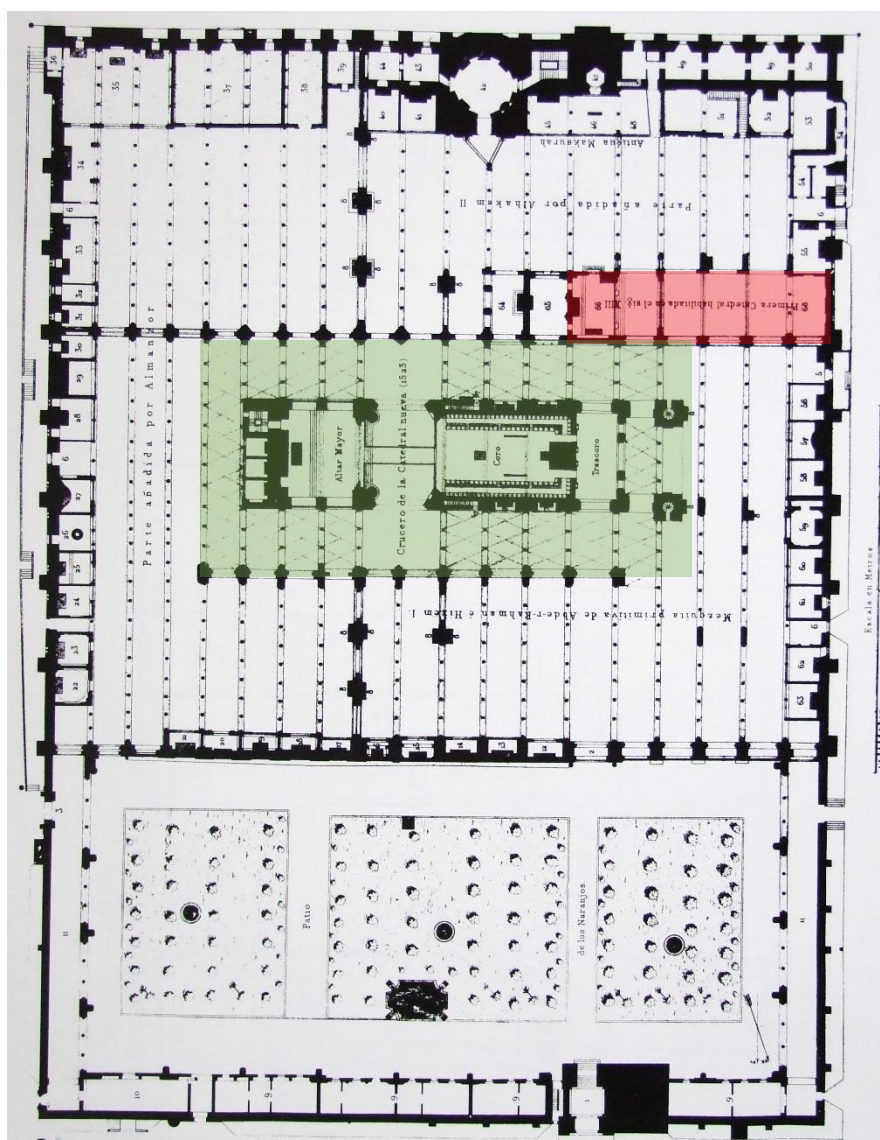
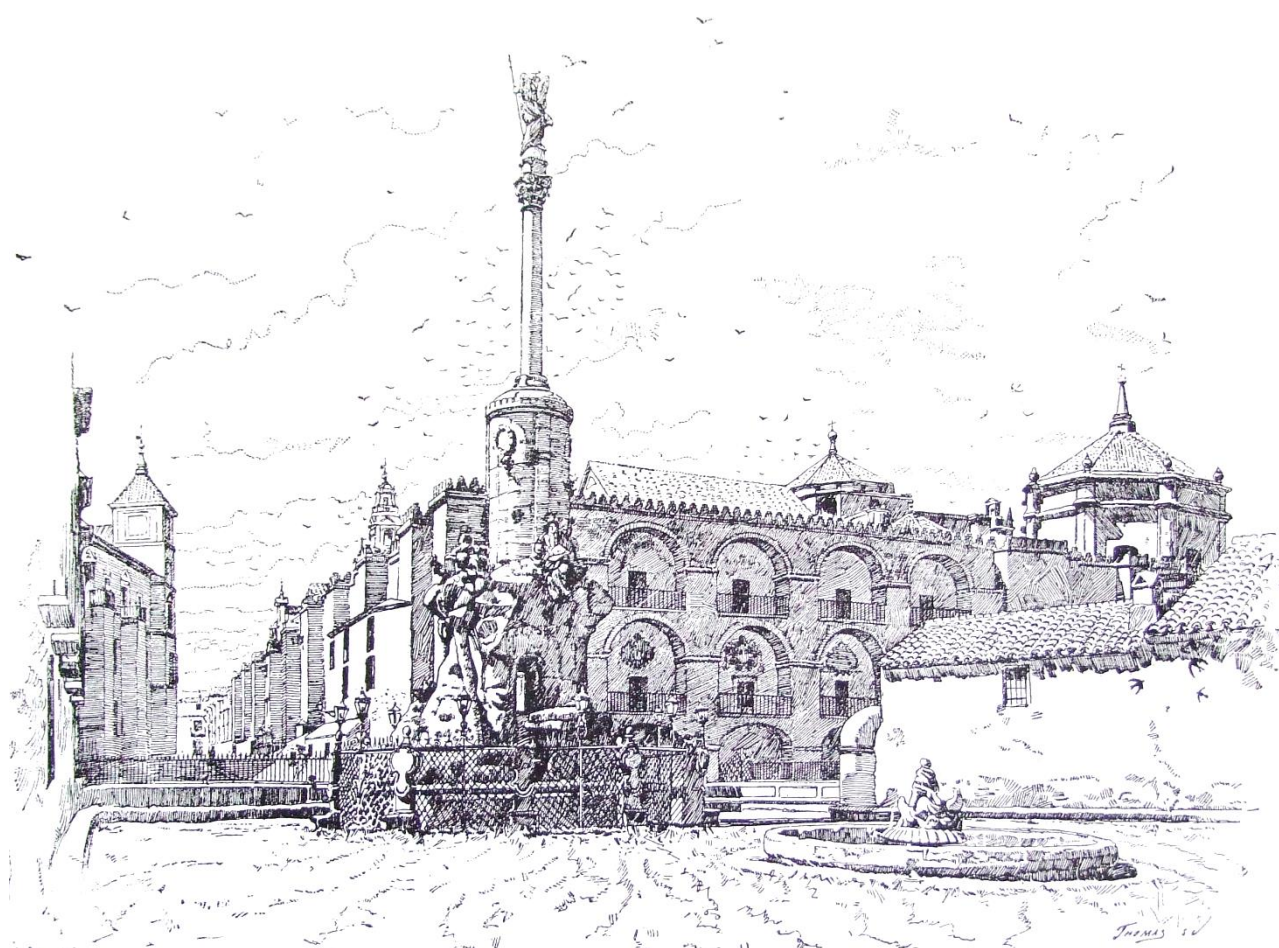


Figura 0.6. Planta de la Mezquita-Catedral plano anónimo del siglo XIX, (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS



Perspectiva de la Mezquita-Catedral desde el Triunfo de San Rafael, Thomas (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).

CAPÍTULO 3.1. ESTADÍSTICA



Sala de oración de la mezquita de 'Abd al-Rahman I.

Capítulo 3.1. Estadística aplicada al Patrimonio

3.1.1. Introducción

El primer capítulo de Metodología y Resultados de la presente tesis pretende poner de manifiesto la importancia y la utilidad del uso de herramientas matemáticas, más en concreto estadísticas, en el estudio y análisis de elementos patrimoniales. Desde el estudio de la sillería o cantería de una muralla, hasta el estudio de los enterramientos en la antigüedad; pasando por el estudio de la cerámica y de elementos arquitectónicos hallados en una excavación, el análisis estadístico puede poner de manifiesto relaciones que no pueden analizarse a priori.

Este capítulo consta de tres partes claramente diferenciadas. En primer lugar, se hará un breve análisis de la estadística y su nomenclatura, para facilitar su comprensión al no iniciado o con una pequeña base estadística en la misma. Ésta parte será la metodología general del capítulo. La segunda parte está dedicada a la recopilación y análisis de las plantas de los alminares hallados en la antigua al-Andalus y que como se verá, ha dado importantes resultados para la comprensión y estudio de su construcción. Por último, la tercera parte ha sido dedicada a la recopilación y estudio de las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I de la Mezquita Catedral de Córdoba. En este estudio se analizarán las medidas de todas las columnas, incluyendo todas sus partes, (cimacio, capitel, fuste y basa), con el objetivo de hallar un patrón o una relación que nos sirva para encuadrar las diferentes partes en grupos o clústeres.

Por tanto, este primer capítulo de la metodología y resultados de la tesis pretende servir como base o sustento matemático de los siguientes capítulos, así como poner de manifiesto la importancia del uso de las matemáticas en el estudio de elementos patrimoniales.

3.1.2. Estadística. Metodología general.

Aunque hasta el siglo XVII-XVIII el estudio estadístico no adquiere el carácter de ciencia, su origen se pierde en el Renacimiento Italiano (Espejo y Gallego, 2006). El análisis de datos y cifras ha sido de especial interés para los gobernantes y sus asesores desde la aparición de los sistemas de numeración.

Desde el siglo XVI hasta el siglo XVIII se comienza con la recogida de datos para su posterior análisis, si bien al principio esta toma de datos fue esporádica, a partir del siglo XVII empieza a hacerse con un mayor rigor y regularidad.

La Real Academia de La Lengua Española, (RAE, 2018), da las siguientes definiciones a la estadística. En su tercer punto la define como, *Estudio de los datos cuantitativos de la población, de los recursos naturales e industriales, del tráfico o de cualquier otra manifestación de las sociedades humanas*. El punto cuatro, *Conjunto de datos estadísticos*. Y, por último, en su quinto apartado, *Rama de la matemática que utiliza grandes conjuntos de datos numéricos para obtener inferencias basadas en el cálculo de probabilidades*.

Según Espejo y Gallego, aunque algunas ramas de la Estadística se han desarrollado en ámbitos específicos, las técnicas estadísticas pueden ser utilizadas en cualquier análisis en el que se observen un conjunto de datos, (Espejo y Gallego, 2006). El primer paso a seguir en todo análisis estadístico será la generación de las tablas de variables y datos en estudio. A

partir de dichas tablas, se procederá a llevar a cabo un estudio estadístico descriptivo, con el fin de analizar los datos.

En su libro, Shennan, (Shennan, 1992) expone la importancia de la estadística para los arqueólogos en su trabajo diario. Si bien estos métodos estadísticos pueden resultar complejos a aquellos investigadores no iniciados en las matemáticas estadísticas, libros como el de Shennan, el trabajo de Orton (Orton, 1980) o el presente capítulo, pretenden mostrar y facilitar esa difícil comprensión mediante el uso de ejemplos que sirvan como base para futuros trabajos.

De esta forma, podrá ser analizada la población, (conjunto de datos), haciendo uso de representaciones gráficas, agrupación en intervalos de frecuencia, cálculo de medianas, medias, varianzas y la desviación típica de nuestros datos entre otros. Posteriormente a este análisis, se podrá hacer uso de estudios discriminantes, análisis neurales o análisis clúster entre otros para organizar o predecir la proveniencia del conjunto de datos.

En la actualidad, y gracias al avance de los equipos informáticos, los análisis de grandes volúmenes de datos pueden llevarse a cabo de forma rápida y en muchos casos sencilla.

En nuestro primer estudio se ha llevado a cabo una recopilación de todas las medidas de planta de los alminares hallados en la antigua al-Andalus, de forma que tendremos una población en estudio, (el número de alminares analizados), un conjunto de variables (las distintas medidas tomadas para cada uno de los alminares), y esto formará una tabla de datos que podremos comenzar a analizar estadísticamente.

Una vez realizada dicha recopilación, se ha llevado a cabo un análisis descriptivo de los datos, de forma que podamos estudiar su media, mediana, desviación típica y curtosis. Mediante este análisis podremos encontrar aquellos datos que se encuentran más alejados de la media, analizar si es un posible fallo en la introducción de los datos en las tablas, o decidir si el dato es correcto, y si debe formar parte del análisis o no.

El siguiente paso a seguir será realizar un test de normalidad y de homocedasticidad, de forma que podamos conocer si los datos provienen de una distribución normal, y si presentan en conjunto igualdad de varianzas. Para analizar la normalidad aplicaremos el test de Shapiro-Wilk sobre cada una de las variables en nuestro estudio, obteniendo un número de p-valores igual al número de variables (Espejo y Gallego, 2006).

La homocedasticidad compara las varianzas de las variables. Si tenemos dos muestras aplicaremos el test F de Fisher, mientras que, si nos encontramos con más de dos muestras, lo normal en la mayoría de los estudios, aplicaremos el test de Bartlett, (Espejo y Gallego, 2006).

En función de si se cumple la normalidad y la homocedasticidad o no, deberemos aplicar unos test u otros para el análisis de los datos. Si los datos analizados cumplen tanto normalidad como homocedasticidad, aplicaremos test paramétricos. En este caso si analizamos dos muestras aplicaremos el test Welch, mientras que, si tenemos más de dos muestras se aplicará el test de ANOVA, que será el utilizado en este capítulo.

En el caso de que los datos no cumplan normalidad y homocedasticidad o alguno de los dos, aplicaremos test no paramétricos. Al igual que antes, si tenemos dos muestras aplicaremos el test Wilcoxon o test de Mann-Whitney; mientras que si analizamos más de dos variables deberemos aplicar el test de Kruskal-Wallis.

En caso de que nuestras variables no sean normales y/o homocedásticas podremos transformar nuestros datos, mediante logaritmos, y volver a analizarlos para ver si con la transformación hemos conseguido normalidad o homocedasticidad.

Una vez analizados los datos y confirmada su normalidad, se podrán llevar a cabo análisis confirmatorios de los datos, de forma que, mediante el contraste de hipótesis, se confirme o refute las hipótesis propuestas. En este campo podemos distinguir dos metodologías diferentes, los análisis supervisados y los no supervisados.

En los análisis no supervisados no se usa información previa para descubrir la agrupación o estructura de las variables en estudio. Éste será el análisis utilizado en el segundo estudio del presente capítulo, ya que no tenemos información previa de las columnas analizadas. Los dos métodos de análisis más utilizados comúnmente en los análisis no supervisados son el análisis de componentes principales (ACP) o el análisis de conglomerados (Clúster).

Para el estudio de las columnas se hará uso del análisis de conglomerados, es una técnica estadística multivariante, mediante la cual podremos dividir los grupos estudiados en un conjunto de grupos similares entre sí, y analizar la proximidad o lejanía entre grupos de distintos casos.

Por otro lado, en la estadística supervisada, partimos de información previa para analizar la estructura de los datos y hacer una previsión de los mismos. Esta metodología es la utilizada en el primer estudio llevado a cabo, el análisis de las plantas de los alminares. Los dos métodos más utilizados son el análisis discriminante y los modelos lineales, siendo el primero de ellos el utilizado en el estudio.

Al igual que el análisis de conglomerados, el análisis discriminante es una técnica estadística multivariante mediante la cual podremos analizar si existen o no diferencias entre grupos respecto a un conjunto de variables medidas, y proporcionar un procedimiento de clasificación sistemático para nuevas observaciones de origen desconocido. Por este motivo, esta metodología ha sido la escogida para el estudio de las plantas de los alminares, tras este estudio, los nuevos alminares que sean descubiertos gracias a excavaciones arqueológicas podrán ser analizados estadísticamente y clasificados a partir de sus dimensiones.

3.1.3. Estudio multivariante y estudio de proporciones para la clasificación y datación de los alminares de al-Andalus.

3.1.3.1. Introducción

Durante los últimos años algunos alminares han sido descubiertos en diferentes excavaciones llevadas a cabo en Andalucía, España, (Zamorano y Luna, 1992), (Ruiz Nieto, 2000) y (Gurriarán Daza y Gómez de Avellaneda Sabio, 2002). Además, diversos autores han escrito diferentes trabajos de recopilación acerca de los alminares de Andalucía, (Pavón Maldonado, 2009) y (González Gutiérrez, 2012).

El estudio de este tipo de edificios es de vital importancia para conocer los métodos constructivos empleados y el desarrollo de las construcciones islámicas durante la conquista. Aunque diversos trabajos se han escrito en torno a esto, ninguno de ellos realiza estudios estadísticos de las dimensiones de los alminares, su época de construcción y su disposición interior para estudiar la posible existencia de relaciones entre ellos.

En 1975 Hernández Giménez arquitecto de la Mezquita Catedral de Córdoba, dio los primeros pasos en el estudio de la existencia de un canon o relación entre las diferentes plantas de los alminares. Hernández intentó comparar los alminares de la Iglesia de Santiago, la Iglesia de San Juan de los Caballeros y el Convento de Santa Clara, todos ellos ubicados en Córdoba, España. Seleccionó estos alminares debido a que todos ellos tienen

unas dimensiones de planta muy similares. No obstante, no consiguió llegar a resultados concluyentes con su estudio (Hernández Giménez, 1975).

Durante la última década varios autores han estudiado el efecto de terremotos en los alminares ubicados en Oriente Próximo, (Türkel, 2014) y (Ural y Firat, 2015). El objetivo de estas investigaciones fue analizar la estabilidad y resistencia de los alminares de diversas localizaciones y diferentes épocas de construcciones. Además, algunos estudios han analizado la geometría de varios alminares, (Parzysz, 2011), centrándose en las variaciones geométricas a lo largo de la construcción. En todo caso, estos estudios no llegaron a encontrar ningún canon o relación que clasificase los alminares de diferentes épocas haciendo uso de sus variaciones geométricas.

Por último, varias investigaciones han sido llevadas a cabo haciendo uso de métodos estadísticos para la datación de diversos emplazamientos arqueológicos, algunos de estos estudios hacen uso de estudios multivariantes para datar la producción de objetos de hierro, (Charlton et al, 2012) o para la datación de objetos cerámicos descubiertos en una excavación, (Bakrji et al, 2015). Por otra parte, otros estudios hacen uso del análisis estadístico junto con el análisis de carbono para conocer con precisión la época de cada emplazamiento, (Overholtzer, 2015) y (Batt et al, 2015).

El objetivo del capítulo no es otro que determinar, haciendo uso de procedimientos y gráficas estadísticas, la existencia de relaciones entre las diferentes dimensiones de los alminares. El estudio de estas relaciones o canon nos ayudará a conocer la época de construcción. Para ello en primer lugar haremos uso (1) de un estudio multivariantes para obtener relaciones entre las variables; (2) se llevará a cabo un análisis discriminante para agrupar los alminares en función de su época de construcción teniendo en cuenta sus dimensiones; y (3) se realizará un análisis neural para agrupar los alminares en función de su tipo de planta interior: circular, rectangular u octogonal. A partir de estos estudios, obtendremos relaciones y proporciones entre los diferentes alminares, y con estos parámetros, poder catalogar y mejorar la datación de futuros alminares descubiertos.

Para llevar a cabo el estudio han sido seleccionados varios alminares ubicados en Andalucía, España, debido a que es en esta área donde encontramos el mayor número de ellos. Además, se analizarán los diferentes tipos de codos, tipo de medida islámica usada durante la construcción de estos alminares.

3.1.3.2. Recopilación de los alminares de al-Andalus

Además de los grandes alminares existentes en al-Andalus, como el alminar de *‘Abd al-Rahmān III*, Córdoba, la Giralda de Sevilla, o el alminar de *Hishām I*, Córdoba, existieron otros muchos alminares de mezquitas aljamas o mezquitas de barrio que hoy en día aún se conservan.

I) Alminar de Ibn Adabbas, Sevilla



Localización Alminar Ibn Adabbas, Sevilla.

El alminar de la mezquita de *Ibn Adabbas* se encuentra ubicado en Sevilla, España, formando parte actualmente del campanario de la Colegiata del Salvador. La mezquita a la que perteneció era la aljama de Sevilla y fue fundada por *‘Abd al-Rahmān II* entre los años 829-830, (Valor Piechotta, 1993). La dirección de esta obra fue llevada por el *qadi Umar ben Adabbas*, y construido 40 años después del edificado por *Hishām I* en la aljama cordobesa. La mezquita fue destruida en 1671 y sobre ella se levantó la actual colegiata.

Gracias a la crónica de *Ibn al-Qutiyya*, se sabe que la mezquita fue atacada por los vikingos en el año 844,

«Los normandos arrojaban saetas incendiarias al techo de la mezquita (...). Después que desperaron de poderla quemar con saetas, reunieron leña y esteras en una de las naves para que prendieran así mejor el fuego y llegara al techo (...)». *Ibn al-Qutiyya*. Trad. J. Rivera (1926), 50].

La mención que tenemos al alminar de esta aljama es del año 1079-1080, cuando se reconstruye bajo las órdenes del rey *al-Mutamid*. Según Valor, (Valor Piechotta, 1993), debió ser reparada la parte superior tras los desperfectos sufridos a causa de un terremoto acaecido el día 1 de septiembre de 1079. La restauración se terminó el 30 de septiembre del año 1079.

Este alminar se encuentra emplazado en el norte, el lado opuesto al muro de quibla, a la izquierda del centro de la aljama. Esto último, muy normal en las mezquitas de al-Andalus, en las que el alminar (único) se sitúa al norte del patio y a la izquierda de su centro, junto a la puerta de entrada. Para la descripción de este alminar nos basaremos en el inestimable trabajo llevado a cabo por el arquitecto conservador de la Catedral de Córdoba Félix Hernández, (Hernández Giménez, 1975).

El alminar de la mezquita es de planta cuadrada y subsisten de él 11,50 metros de altura, correspondiendo el resto de altura a obras realizadas con posterioridad. De esta altura, 2 metros se encuentran soterrados, debido a la variación de la cota del patio. Los sillares de la parte del paramento perteneciente al alminar tienen una altura en torno a los 50 centímetros, aunque hay variaciones en cuanto a la longitud, que es muy irregular. Además, subsiste una ventana de época Omeya, reconvertida actualmente como puerta. La planta del alminar es cuadrada y tiene unas dimensiones de 5,85 metros de lado, Figura 1.1. En su interior, alberga una escalera de 96 centímetros de ancho, ésta, gira entorno a un machón central circular, con un diámetro de 2,42 metros.

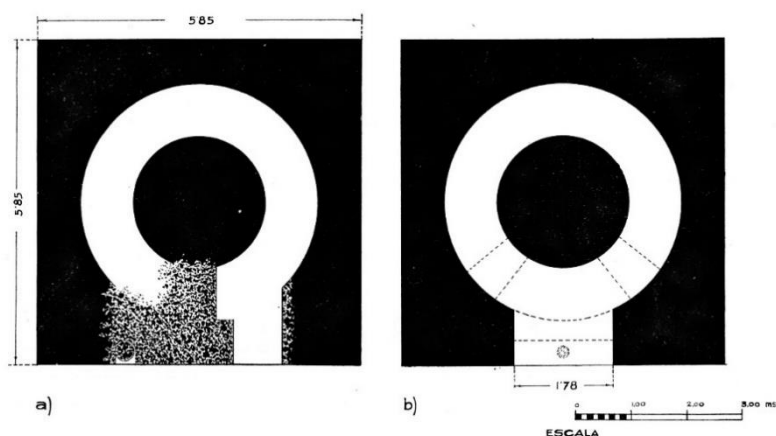


Figura 1.1. Planta baja y planta a nivel de ventana del alminar. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 36)

La torre tiene dos vanos de entrada, el primero de ellos, correspondería a la puerta de entrada y fue descubierto durante las excavaciones llevadas a cabo por el arquitecto en 1932. Hernández nos confirma en su estudio que la ventana de época Omeya reconvertida en puerta, era practicable. Ambos vanos de entrada se encuentran orientados al sur, hacia la parte noble, el muro de quibla, algo que se repetirá en todas las mezquitas de al-Andalus.

En su monografía Hernández hace un buen estudio de medidas y proporciones acerca de la ventana de arcos gemelos. En el Capítulo 3.2 nos basaremos en este estudio para la ventana del alminar de la Iglesia de Santiago de Córdoba. De esta ventana, el arquitecto da sus medidas, Figura 1.2, a excepción de las correspondientes a su fuste, capitel y parteluz de los cuales carece. La proporción, estudiada por el arquitecto, existente entre flecha y diámetro es de 3:4 en los arcos gemelos y de 3,5:5 (42:60) en el arco interior.

El autor hace una reflexión acerca de la lápida que contiene la inscripción de la reparación llevaba a cabo. «*La lápida del Salvador alude a la reconstrucción de la parte alta del alminar, destruida por el seísmo de 1º de rabi' al-awwal de 1079. Es indudable, que, cuando se habla de la parte superior de los alminares, se alude en general, por lo que respecta a Occidente, al segundo de los cuerpos en aquellos habituales*». El arquitecto estaba seguro de la existencia de ese segundo cuerpo y que debían poseerlo todos los alminares ubicados en al-Andalus.

Por último, Hernández también aporta que aun cuando no se sabe la forma del segundo cuerpo, este tuvo que ser de planta rectangular como es norma en al-Andalus. Además, debería asentar sobre el machón central, por tanto, no tendría unas medidas superiores a los 2,42 metros. En su libro (Pavón Maldonado, 2009), Pavón aumenta la información referente a este alminar. En el siglo XI el cronista *al- 'Udri* afirma que tenía columnas colocadas en sus esquinas que, apoyando una sobre otra, subían hasta lo alto.

Además del terremoto anteriormente comentado, este alminar sufrió otro en 1355-1356, durante el cual, se derribó la torre de San Salvador y se cayeron las manzanas de la mezquita mayor almohade. Este suceso está narrado en la Crónica de los Reyes de Castilla, D. Pedro, don Enrique II, don Juan I, don Enrique III, (Pavón Maldonado, 2009). En el texto Pavón afirma que antes del segundo terremoto sufrido por la torre, el alminar debía tener en su segundo cuerpo las cuatro esquinas decoradas mediante columnas de mármol tal y como narra la crónica de *al- 'Udri*.

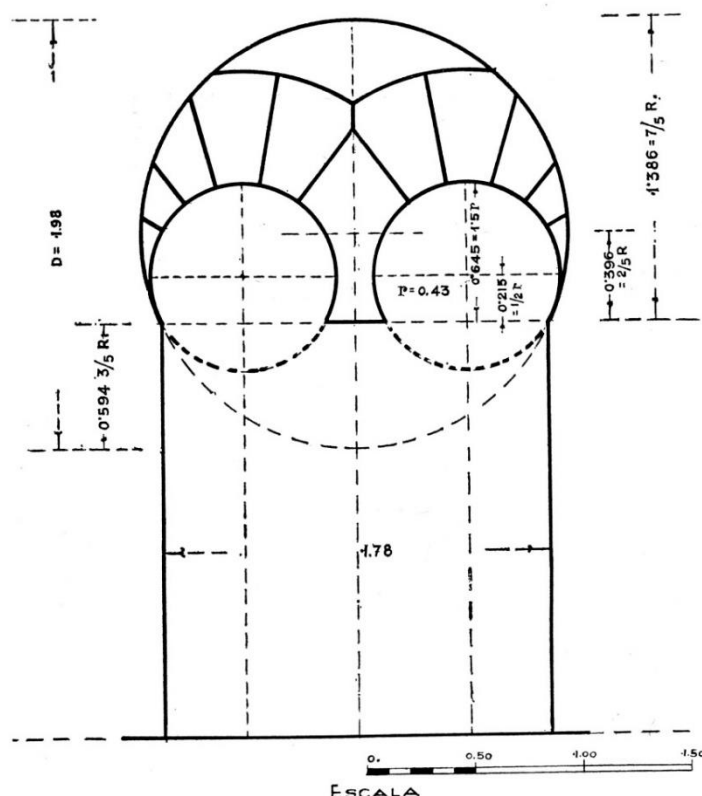


Figura 1.2. Ventana de arcos gemelos, Ibn Adabbas, Sevilla. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 37).

II) *Alminar de la Iglesia de Santiago, Córdoba.*

El primer estudio en profundidad realizado en este antiguo alminar y actual campanario de la Iglesia de Santiago, Córdoba, fue llevado a cabo por el arquitecto Félix Hernández. Dicho estudio, fue incluido en su monografía acerca del alminar de *‘Abd al-Rahmān III*, (Hernández Giménez, 1975).

La planta de este alminar es cuadrada, arrojando sus lados una medida de 3,90 metros. En cuanto al segundo cuerpo, aunque desaparecido, fue también de planta cuadrada exteriormente, tal y como lo atestiguan algunos restos encontrados en la parte superior del primer cuerpo. El interior es circular, al igual que el alminar de *Ibn Adabbas*, y tiene una escalera de 71 centímetros de ancho, la cual gira entorno a un machón central de 1,03 metros, midiendo por tanto el diámetro exterior de la escalera 2,45 metros, Figura 1.3.



Localización Alminar Iglesia
de Santiago, Córdoba.

En cuanto al paramento, aunque Hernández afirma que es de sillería, no puede precisar nada más debido a que en su momento, cuando realizó el estudio, el paramento se encontraba cubierto por un enlucido de época que no pudo precisar. En cuanto a su puerta, no especifica si tuvo un dintel o un arco, pero sí que se encuentra ubicada en el lado oeste, la cual es muy rudimentaria. Esta ubicación de la puerta es contraria a lo visto hasta este momento, ya que no se encuentra en el frente sur como sí lo hace la única ventana de la que dispone.

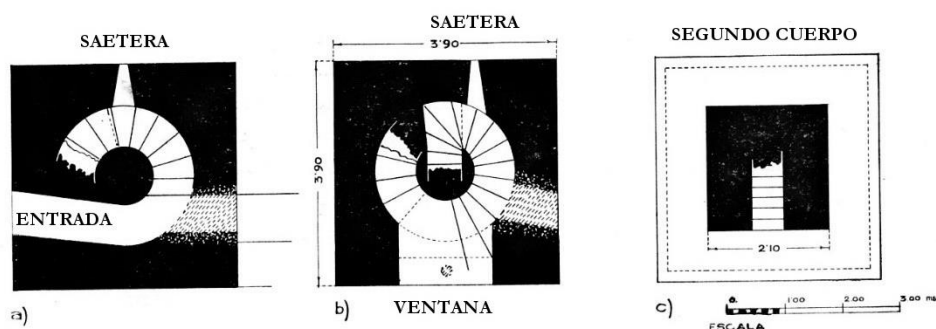


Figura 1.3. a) Planta inferior, b) Planta a nivel de ventana, c) Planta terminal de la escalera.
(Hernández Giménez, 1975, Fig. 40).

El interior se iluminaba además de por dicha ventana, por dos saeteras, conseguidas al quitar un sillar colocado a tizón en el muro norte, y que según Hernández son originales. En cuando al segundo cuerpo, al quedar en la parte superior restos del mismo, Hernández da sus dimensiones, Figura 1.3.

Ese segundo cuerpo fue de planta cuadrada, cuyos lados medían 2,10-2,15 metros de lado. De esta forma, este cuerpo se asienta sobre el machón central de la escalera. Además, como Hernández apunta, la proporción entre este segundo cuerpo y la base del primero, $2,15/3,90$ es igual a 0,55, una proporción idéntica a la existente en el gran alminar de *'Abd al-Rahmān III*, Córdoba.

La escalera desemboca en el segundo cuerpo con dirección sur, hacia el muro de quibla, mismo lado en el que se encuentra la ventana. Para su datación Hernández se basa en su ventana, del mismo tipo que la de la mezquita de *Ibn Adabbas* y la del alminar de la Iglesia de San Juan que veremos a continuación. Pero, debido al macizado y al recubrimiento de dicha ventana, el autor no pudo tomar medidas para realizar su estudio de proporciones entre flecha y diámetro.

Como en la mezquita de *Ibn Adabbas*, este alminar tiene tan sólo una ventana, al contrario que el alminar de San Juan, que dispone de una ventana en cada uno de sus frentes, siendo tres de ellas ciegas y la que da al lado noble practicable. Por esto Hernández lo fecha como anterior al de San Juan, pero posterior al de *Ibn Adabbas*, datándolo en el siglo IX. Posteriormente al estudio realizado por Hernández tenemos el llevado a cabo por Antonio Cabrera Ponce de León, para reconstruir la Iglesia de Santiago, (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).

Esta restauración tuvo que realizarse tras el incendio producido el 3 de diciembre de 1979 y que provocó el derrumbe de parte del edificio, incluida la techumbre del mismo, Figura 1.4. En cuanto a la torre, Ponce de León hace una breve descripción de su estado. La torre es de sillería la parte baja, correspondiente al alminar primitivo, mientras que la parte superior es de ladrillo, colocado durante la etapa cristiana. La escalera original gira en torno al machón central hasta el segundo cuerpo. En cuanto a la ventana, en aquel momento se encontraba aun tapiada mediante ladrillo tal y como la había visto Hernández.

Durante esta restauración se cambió la ubicación de la puerta de entrada de la torre, pasando del lado oeste en el cual Hernández la vio, al lado este, esto se puede ver en la Figura 1.5., que muestra la planta de la Iglesia. Una vez restaurada, el arquitecto dibujó una vista en detalle de los cuatro frentes y su planta a diversas alturas, Figura 1.6.

En el caso de este alminar, Pavón se limita a realizar una breve descripción que no aporta nada nuevo acerca del mismo aparte de lo ya expuesto hasta el momento (Pavón Maldonado, 2009). El último estudio realizado acerca de esta torre es el hecho por el

arqueólogo Pedro Marfil en su tesis (Marfil Ruiz, 2010). Marfil escribe acerca de su sillería, colocada a soga y tizón como es norma en lo islámico del período, y unidos los sillares mediante una argamasa de cal y arena, muy común también en la época. En cuanto a la altura del mismo, se conservan 6 metros pertenecientes a su primer cuerpo.

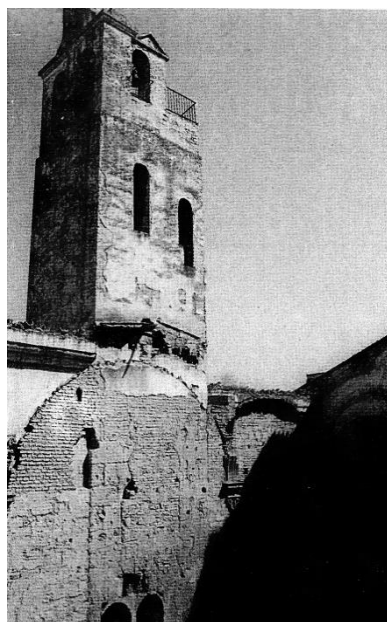


Figura 1.4. Torre de la Iglesia de Santiago previa restauración y tras el incendio. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).

Con relación a la ventana, aunque no aporta medida alguna, si incluye un dato muy importante, y es que los arcos alternaban dovelas de ladrillo y piedra, aunque los ladrillos fueron sustituidos por piedra en reformas posteriores. En lo referente a la puerta de entrada, describe la ubicada en el lado oriental, sin comentar nada acerca de la primitiva. Hace mención al hueco superior ubicado al mismo nivel de la ventana y que hasta el momento nadie había estudiado, bien porque fue abierto con posterioridad, bien porque no se le dio importancia. Sobre el hueco, Marfil adelanta que pudo ser la puerta de acceso al andén superior del muro del patio de la mezquita.

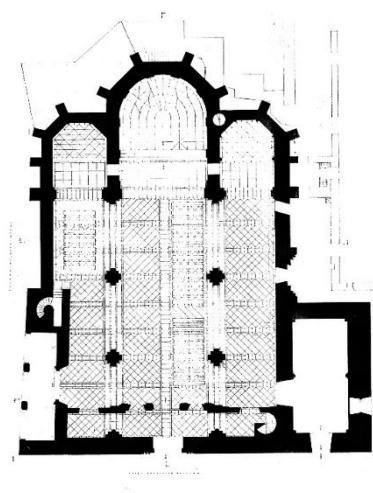


Figura 1.5. Planta de la Iglesia de Santiago tras su restauración. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).

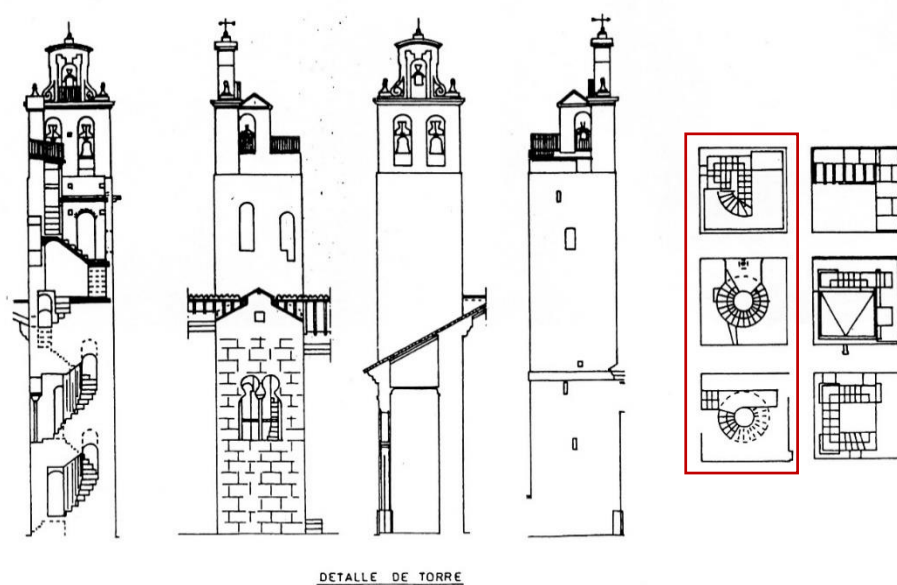


Figura 1.6. Vista en detalle del campanario de la Iglesia de Santiago. (Cabrera Ponce de León y Rodríguez López, 1990).

En cuanto a la datación del alminar, Marfil cree que es de fecha anterior a la datada por Hernández. Para ello se basa en las fuentes árabes en las cuales aparece que el emir *Hishām I* construyó una mezquita en el barrio donde se encuentra actualmente el alminar. Como se verá en el estudio de plantas y proporciones realizado, creemos que este alminar es posterior al de *Ibn Adabbas*, aunque anterior al de San Juan y, por tanto, no sería el edificado por *Hishām I*.

III) Alminar de la Iglesia de San Juan de los Caballeros, Córdoba

El alminar de San Juan de los Caballeros se encuentra ubicado en la parroquia de San Juan, en la antigua medina de la ciudad y a escasos metros de la Mezquita-Catedral de Córdoba. Según el arqueólogo Pedro Marfil (Marfil, 2010), este alminar estaría ubicado en uno de los ángulos de la mezquita a la que pertenecía, formando parte del patio.

La mezquita fue donada por Fernando III a la orden militar de San Juan de Jerusalén. En las reformas acaecidas en los años 1637 y 1799 el alminar se convertirá en la torre campanario de la parroquia, perdiendo el segundo cuerpo (linterna). Ya durante el siglo XX, en la década de 1960 se quitó el cuerpo de campanas y se cubrió con el tejadillo que luce en la actualidad.



Localización Alminar de la Iglesia de San Juan de los Caballeros, Córdoba

El mejor estudio realizado acerca de este alminar fue el llevado a cabo por Félix Hernández (Hernández Giménez, 1975), en dicho estudio midió, comparó y estudió sus proporciones. En su obra, Hernández describe como en 1927 por causa de un desconchón en el revestimiento del campanario se dan cuenta (Rafael Castejón en primer lugar) que en realidad era un alminar. Tras el estudio realizado se comprobó que de éste tan solo faltaba el segundo cuerpo o linterna y las almenas que coronarían el primer cuerpo.

El alminar es de planta cuadrada y miden sus lados 3,70 metros, medida como puede apreciarse similar a la del alminar de Santiago de Córdoba. En cuanto a la altura que subsiste de este ejemplar, tiene una dimensión de 10,92 metros según el arquitecto. Como puede comprobarse, esta medida es tres veces el ancho del alminar con escasa diferencia.

Con respecto al aparejo, Hernández da las medidas de los distintos sillares, la altura tiene entre 47 y 56 centímetros y una longitud de 91 y 163 centímetros. Como es norma, se encuentran colocados a soga y tizón, pero sin que haya una regularidad en su ubicación. Dichos sillares se encuentran cogidos entre sí mediante un mortero de cal y arena con abundancia de la primera, al igual que en el alminar de *Ibn Adabbas*, Sevilla y en los restos encontrados del alminar de *Hishām I*, Córdoba.

En el frente SE, Figura 1.7, se abre una puerta orientada de nuevo hacia el lado noble, al igual que en *Ibn Adabbas*. En este frente se encuentra también la única ventana practicable, ya que, como novedad, este alminar cuenta con cuatro ventanas, una en cada frente, siendo tres de ellas ciegas. En cuanto a la puerta, Hernández da sus dimensiones; tiene una altura de 2,14 metros y una anchura de 63 centímetros, aunque el dintel de la misma fue modificado en las reparaciones realizadas en el siglo XVII.

Las ventanas, al igual que las de Ibn Adabbas y Santiago, son de tipo gemelo con parteluz formado por cimacio, capitel, fuste, y ojos ultra semicirculares. El ancho de estas ventanas, según Hernández, es de 170 centímetros, con diferencias de entre cuatro y cinco centímetros de una ventana a otra, Figura 1.8.

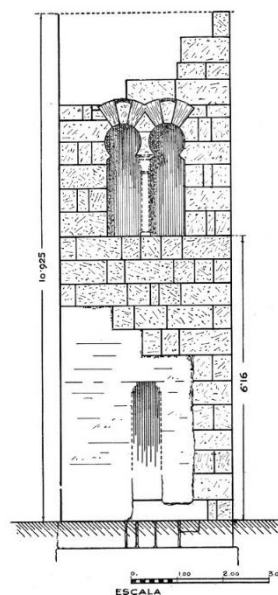


Figura 1.7. Frente SE del alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 27).

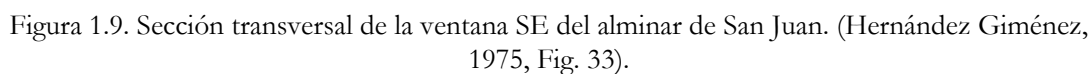
Las ventanas fingidas penetran en el muro tan sólo 37 centímetros, midiendo los diámetros de las ventanas 75,2 centímetros, y su flecha 65,8 centímetros; lo que arroja una proporción entre flecha y diámetro de 0,875, la misma proporción que el alminar de Santiago de Córdoba, véase Capítulo 3.2.

Hernández da las dimensiones del parteluz original. En cuanto a la columna, tiene un diámetro de 15 centímetros y una altura de 1,44 metros. El capitel tiene una anchura inferior de 22 centímetros y 26 centímetros de ancho en la parte superior. Los ladrillos que forman las dovelas, miden 35 centímetros de largo, por 23,3 centímetros de ancho y 5,2 centímetros de grosor, Figura 1.9. La última zona exterior es el friso de arquillos que decoran la parte superior del alminar y que es novedad en los alminares. Este friso, volverá a verse en el

62



Durante el estudio de la cimentación de este alminar llevado a cabo por Hernández, se descubrió una almena que debió de pertenecer al mismo. Esta almena es inscribible en un triángulo cuya base es la mitad de la altura, Figura 1.10.



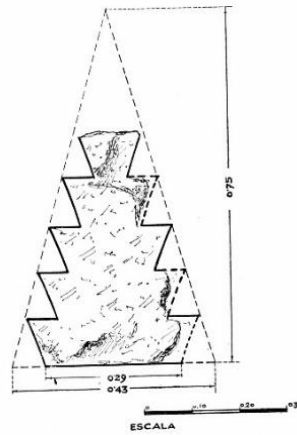


Figura 1.10. Almena encontrada junto al alminar de San Juan. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 34).

IV) Alminar de Santa María de la Granada de Niebla, Huelva



Localización Alminar de Santa María de la Granada de Niebla, Huelva.

Este alminar se encuentra ubicado en una antigua ciudad en la que había una importante mezquita en un cruce de caminos, Figura 1.11. Según Pavón, (Pavón Maldonado, 2009), la planta interior es circular con escalera que gira en torno a un machón central, que valdría para situarla en época califal (tal y como mantiene este autor).

La torre estaría ubicada en el patio de ésta mezquita, la parte visible exteriormente es de época cristiana, midiendo su base 5,60 metros y siendo un recreado del alminar. En su interior se encuentra lo que fuese el alminar, el cual tiene una base de 3,70 metros, medida ésta muy próxima a las de los alminares de San Juan y Santiago de Córdoba. El machón central es circular y tiene un diámetro de 1 metro, mientras que la escalera que gira

en torno al mismo tiene una anchura de 60 centímetros. La bóveda que cubre la escalera en su ascensión es de piedra y ladrillo.

En su estudio Pavón la data en el siglo XII, añadiendo que la escalera sería copia de otros alminares emirales. Aunque, poco después, y ante una almena encontrada expone la posibilidad que la mezquita y alminar primitivo pudieron ser del siglo IX-X.

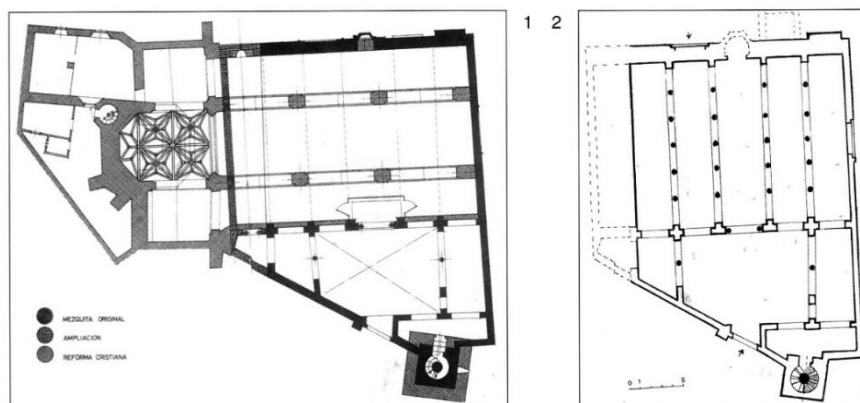


Figura 1.11. Planta de la Iglesia y anterior mezquita en Niebla, Huelva. (Pavón Maldonado, 2009, Fig. 35).

V) Alminar de Velefique, Almería

En su trabajo Angelé, (Angelé y Cressier, 1990), hace un buen estudio acerca del alminar, ubicado actualmente en el cementerio de la población de Velefique, Almería. El alminar es de planta rectangular con unas dimensiones de 4,01 metros a 4,30 metros. El aparejo utilizado es de losas de pizarra cogidas mediante un mortero de cal y arena con poca cantidad de la primera. La altura de este alminar es actualmente, sin contar el tejadillo, de 8,08 metros y sus muros tienen un grosor de 0,8 a 0,85 metros.

En su frente oeste se encuentra el vano de entrada a la torre, con unas medidas de 1,70 metros de altura por 60 centímetros de ancho. Como es norma, la escalera nace a la derecha, subiendo a izquierdas. El machón central en torno al que gira la escalera tiene un diámetro de 1,30 metros, quedando la escalera con 70 centímetros de ancho y un alto de 1,85 metros entre la escalera y la bóveda plana que la cubre. En la fachada de la torre existen dos aberturas en su parte superior. En su fachada occidental, la contraria al vano de entrada, hay una saetera para la entrada de luz, algo que ya se vio en el alminar de Santiago de Córdoba. Esta saetera mide 0,13 x 0,66 metros. La otra abertura se encuentra en su lado sur, y es mucho mayor 0,71 x 1,14 metros, los autores exponen que pudo ser una ampliación de una saetera del mismo tamaño que la primera. La altura primitiva del alminar pudo ser de unos 10 metros lo que daría una proporción de 2,3 veces la base, Figura 1.12.

Para su datación los autores se basan en su disposición interna, la cual comparan con el alminar de *Ibn Adabbas*, Sevilla (829), Santiago y San Juan de los Caballeros, Córdoba y Niebla, Huelva. Debido a esto, los autores dan dos posibles fechas, siglos IX-X o bien siglos XII-XIII, aunque no lo confirman por la falta de datos, se inclinan más hacia la datación más antigua de este alminar.



Localización Alminar de Velefique, Almería

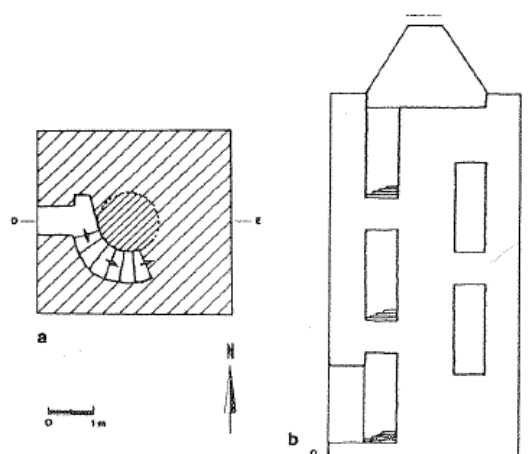


Figura 1.12. Alminar de Velefique, Almería. A) Planta, b) Sección EO. (Angelé y Cressier, 1990, Fig. 4).

VI) Alminar de la Ermita de Santiago del Camino, Medina Sidonia, Cádiz.



Localización Alminar de la Ermita de Santiago del Camino, Medina Sidonia, Cádiz.

Este alminar ha sido estudiado recientemente por Gurriarán Daza (Gurriarán Daza et al., 2002), se encuentra ubicado junto a la Ermita de Santiago del Camino en Medina Sidonia, Cádiz, Figura 1.13. La ubicación de esta torre sigue la norma en cuanto a que estaría enfrentada al muro de quibla y perteneciendo al patio de la mezquita. Situándose en dirección NO al igual que el alminar de *Hishām I* en la aljama cordobesa o más tarde el edificado por *‘Abd al-Rahmān III* para la misma mezquita.

La torre es de planta cuadrada y tiene una escalera que se desarrolla en torno a un machón central como es característico de los alminares. Acerca de la altura total del alminar, los autores no pueden ofrecer ningún dato, ya que la torre fue modificada en época posterior. La parte con mayor altura que se identifica como perteneciente al alminar, se encuentra en el frente SO y tiene una dimensión de 4,90 metros. Tiene un machón central cuadrado, cuyos lados miden 3,63 y 1,31 metros respectivamente.

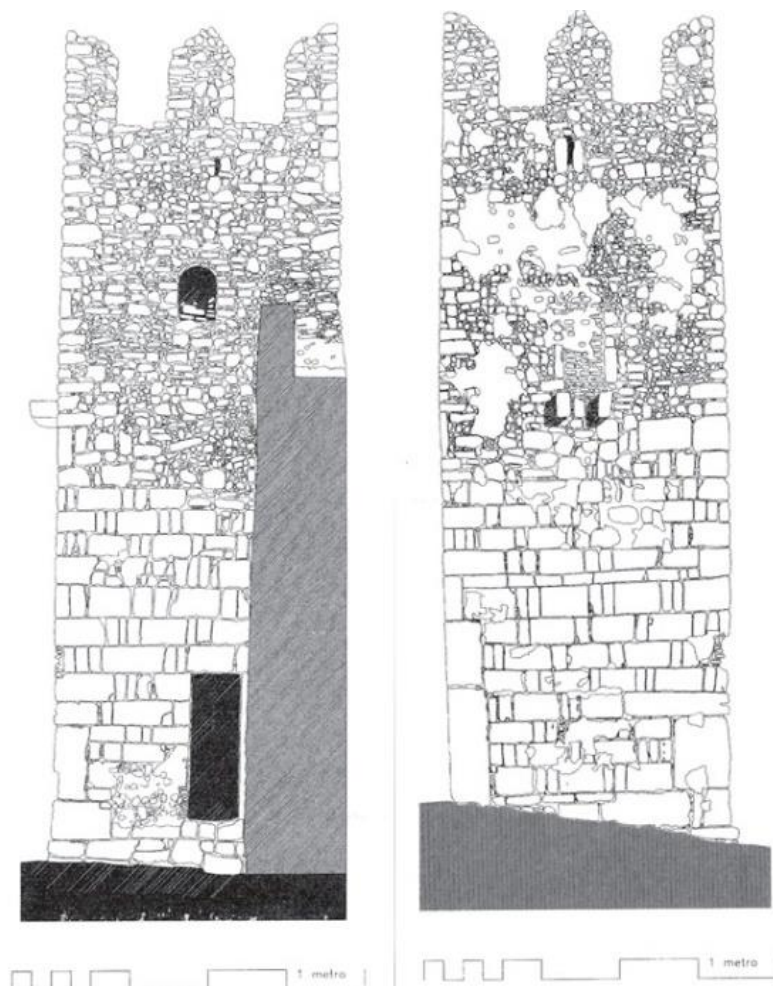


Figura 1.13. Frente SO y NO de la torre de la ermita de Santiago del Camino. (Gurriarán Daza, et al, 2002, Fig. 6 y 7).

Los autores, a la vista de los estudios hasta el momento realizados, afirman que no existe un módulo o proporción, como proponía Hernández (Hernández Giménez, 1975), que se

mantenga en todos los alminares de mezquitas menores. Es cierto, que hay muchos que tienen medidas muy dispares, pero como se verá más adelante en el estudio dedicado a ello, sí que existen proporciones que relacionan las medidas del alminar.

El vano de entrada al alminar se encuentra en el frente SO y tiene una anchura de 70 centímetros. Aunque este vano es posterior, siendo el original uno ubicado a SE y de 79 centímetros de anchura, hoy día cegado. Este acceso tiene la orientación normal en los alminares con la puerta abriendo hacia el patio y el muro de quibla. Está cobijado por un dintel reaprovechado de época preislámica, Figura 1.14.

Las escaleras aparecen a la derecha de la entrada y suben girando hacia la izquierda, Figura 1.15. El ancho de estas escaleras varía entre los 67 y los 68 centímetros. En cuanto a los escalones, tienen una huella de 30-35 centímetros y una tabica de 20 a 26 centímetros. La bóveda de la escalera está realizada mediante lajas y losas pétreas escalonadas, colocadas de forma poco regular y con reparaciones posteriores. Estas losas empotran en el machón central y en el muro exterior, dándole una gran resistencia a la caja de escalera.



Figura 1.14. Arco de entrada original. (Gurriarán Daza, et al, 2002).

Los autores confirman que, debido a la poca altura original, la torre no conserva ninguna ventana ya que, de haber existido, estaría presente a partir de esa altura. Sí aparecen dos vanos, saeteras, en el frente NE, el contrario a la puerta de entrada original y que servirían para iluminar la escalera. Estas saeteras tienen unas dimensiones de 30 x 18 centímetros y de 32 x 14 centímetros, obteniéndose estos huecos con la eliminación de uno de los tizones que forman parte del aparejo del muro.

El paramento está formado por sillares colocados a soga y tizón sin ninguna regularidad y cogidos entre sí mediante un mortero de cal y arena, con abundancia de la primera, como hemos visto que es característico del periodo. Tiene también un recubrimiento que los autores no saben si pertenece a la obra primitiva o a la obra posterior de recrecimiento de la torre. Con todo lo visto, los autores datan este alminar entre finales del siglo X y la primera década del siglo XI, (Gurriarán Daza, et al, 2002).

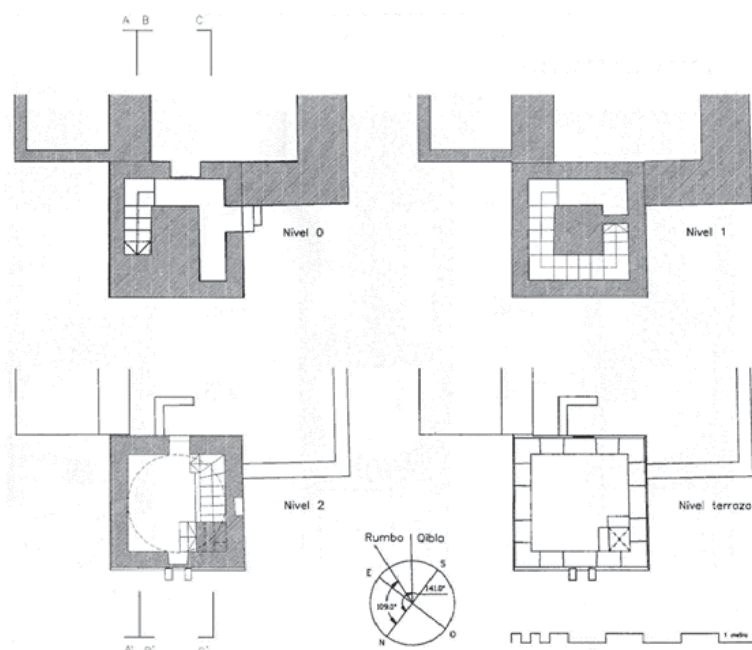


Figura 1.15. Planta de la torre a diferentes alturas y orientación de la misma. (Gurriarán Daza, 2002, Fig. 4).

VII) Alminar de Santa Clara, Córdoba

Este alminar es el campanario del convento de Santa Clara, como la mayor parte de los alminares, tras la reconquista de Córdoba, fue reaprovechado convirtiéndolo en campanario. Este alminar estaría ubicado en el ángulo NE de la mezquita de la que formaba parte, al igual que hemos visto en otros alminares. De él subsisten tan sólo 9 metros de altura del paramento exterior y 13 metros de altura del machón central, Figura 1.18.

De planta cuadrada y machón central del mismo tipo, este alminar utiliza ya el nuevo tipo de planta visto en el alminar de Medina Sidonia, Cádiz. Sus lados miden 4,36 metros y su machón 1,42 metros, medidas todas estas realizadas por Hernández y disponibles en su monografía, Figura 1.16., (Hernández Giménez, 1975).

El ancho de las escaleras es de 86 centímetros y 4,10 metros el paso de hélice de la misma. Como es norma en los alminares, se sube siempre hacia la izquierda. El aparejo de los muros es de sillería colocada a soga y tizón, teniendo una regularidad perfecta en su colocación, alternando una soga por cada dos tizones, excepto en las esquinas que tiene tres tizones, Figura 1.17.

Los sillares tienen una longitud de entre 96 y 104 centímetros, una altura de entre 36 y 40 centímetros y una anchura de 20 centímetros en todos los casos. El mortero de este alminar es del mismo tipo de los ya analizados, con abundancia de cal en detrimento de la arena.

En cuanto a la puerta, la cual abre en el frente SE como en todos los casos estudiados a excepción del alminar de Santiago, mide 99 centímetros de anchura. Los peldaños de la escalera están formados por sillares que actúan como escalón y como bóveda de la ida de escalera inferior. Los sillares empotran sus extremos en el machón central y en el muro de



Localización Alminar de Santa Clara, Córdoba.

contorno. Entre cada escalón hay un solape de cuatro centímetros, las dimensiones de estos es la misma que la de los sillares exteriores, si bien un poco más gruesos, siendo la huella de 36 centímetros y la tabica de 20,5 centímetros.

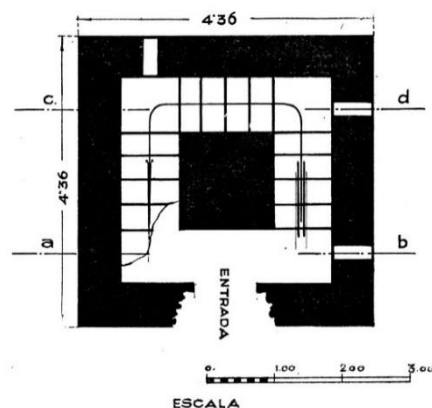


Figura 1.16. Planta del alminar del convento de Santa Clara, Córdoba. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 44).

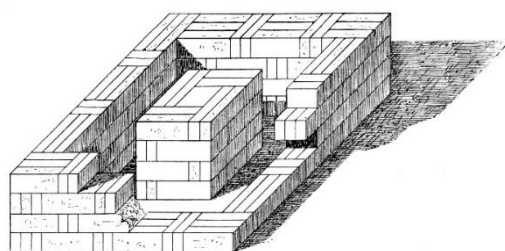


Figura 1.17. Aparejo del alminar de Santa Clara, Córdoba (Hernández Giménez, 1975, Fig. 46).

La torre cuenta también con varias saeteras ubicadas en los muros NE y NO que iluminaban el interior del alminar. Tienen estos huecos 20 centímetros de ancho por 40 centímetros de altura y al igual que en otros casos estudiados, se consigue con la eliminación de un tizón del paramento exterior. En su estudio Hernández lo data como anterior a la muerte de *al-Hakam II* (976) basándose para ello en el método de construcción del dintel de la puerta y de las dimensiones de sus dovelas.

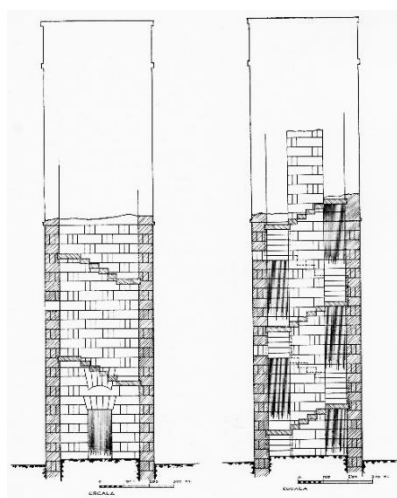


Figura 1.18. Alzado SE y NO del alminar con lo subsistente del mismo. (Hernández Giménez, 1975).

VIII) Alminar de San José, Granada

Este alminar fue estudiado por primera vez por Manuel Gómez Moreno en 1892. En la monografía de Hernández se hace un resumen y una descripción acerca de este ejemplar basándose para ello en el estudio realizado por Gómez Moreno, (Gómez Moreno, 1892).

Esta torre perteneció a la mezquita ubicada en el sector de “La Alcazaba” de Granada, demolida en 1517, y de la que se reaprovechó algunas de sus columnas. El alminar es de planta cuadrada tanto exterior como interior. Sus lados externos arrojan 3,90 metros, medida igual a la de los alminares de Santiago y San Juan de los Caballeros de Córdoba, y sus muros tienen un grosor de 60 centímetros, Figura 1.19.

Su machón central tiene un ancho de 1,40 metros, dejando una anchura libre de 65 centímetros para las idas de escalera. Se iluminaba mediante saeteras, ya vistas en otros ejemplares y de uso común, las cuales fueron ensanchadas posteriormente a excepción de una de ellas. Además, su puerta estaba oculta bajo una pila de escombros cuando Gómez Moreno hizo su estudio del alminar y solo era posible reconocerla por su interior.

Su aparejo está formado por lajas de piedra de 65 por 40 centímetros y un espesor de 10 centímetros. Cuenta con una ventana de un único ojo, encarada hacia el Sur, lugar en el que se encontraba el muro de quibla de la antigua mezquita. El diámetro del ojo de la ventana es de 93,5 centímetros y su flecha tiene 82,5 centímetros lo que da una proporción flecha/diámetro de 0,882, la misma que el alminar de San Juan de los Caballeros y el alminar de Santiago de Córdoba.

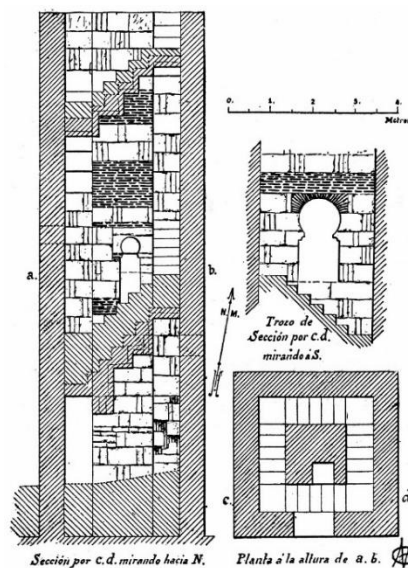


Figura 1.19. Vistas del alminar de San José de Granada. (Hernández Giménez, 1975, Fig. 47. Plano de Manuel Gómez Moreno).

Su puerta permaneció enterrada hasta las obras acometidas en los años 1934-1936, se encuentra ubicada, al igual que la ventana, en el frente sur del alminar y posee un dintel de madera. Este alminar ha sido datado a principios del siglo XI. Un estudio más reciente de este alminar es el realizado por Basilio Pavón, (Pavón Maldonado, 2009). Este autor nos aporta un grabado de Heylan, Figura 1.20, en el que aparece el alminar de San José sin segundo cuerpo y sin ventanas.

Añade Pavón la altura del alminar, de 11,50 metros y las dimensiones de la ventana, con una altura de 1,88 metros y una anchura de un metro. En cuanto a las saeteras, tienen unas dimensiones de 45 x 20 centímetros. Este alminar tiene una proporción entre base y altura de 1/3.

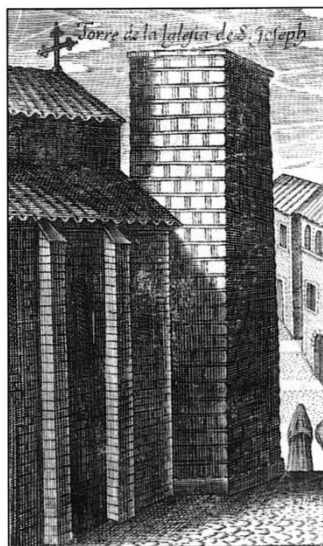


Figura 1.20. Alminar de San José, Granada. (Pavón Maldonado, 2009). Grabado de Heylan.

IX) Alminar de la Aljama de Granada

La aljama de Granada contaba con un alminar que fue demolido en el año 1588 y del que tenemos constancia gracias al grabado de Heylan con motivo de su demolición, Figura 1.21. En el grabado se representa el derribo de la torre, la cual no cuenta más que con un vano de acceso según puede verse.

Tal y como estudia Hernández, el aparejo de esta torre al menos en el grabado, es idéntico al aparejo de la torre de San José, Granada, anteriormente estudiada, Figura 1.20. Pero no sólo eso, sino que también coincide con los restos del puente de Cadí y la Puerta Monaita, Granada (Hernández Giménez, 1975).

Hernández realiza un estudio para calcular las medidas de este ejemplar desaparecido a partir de la descripción recogida por P. Echevarría de fuente desconocida, (Juan de Echevarría, 1814). Para esto se sirve de la descripción y de la equivalencia de una vara castellana, 27,9 centímetros.

Hernández obtiene que la base del alminar tendría una dimensión de 4,46 metros por lado, medida muy cercana a 10 codos *mā'mūnīs*. Esto, como se verá más adelante, es muy representativo en los alminares de las aljamas. El ancho de los muros de este alminar fue de 70 centímetros, al igual que el ancho de su escalera.

El machón central es también cuadrado en este alminar, aunque según el texto presenta un hueco en su interior, Hernández calcula una medida de 1,67 metros. Además de esto, la descripción dada por Echeverría también aporta la altura de la torre hasta su parte primitiva, la cual tendría 48 palmos de Rey, una proporción entre base y altura de 1/3. Este alminar, aunque reconstruido dimensionalmente por Hernández a partir de los textos, (Hernández Giménez, 1975), es un estudio preciso que merece un gran reconocimiento. El alminar se construyó durante el siglo XI.

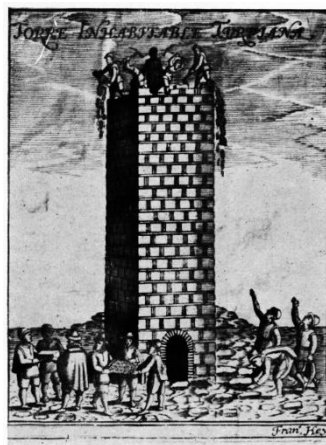


Figura 1.21. Alminar de la Aljama de Granada durante su demolición. (Hernández Giménez, 1975). Grabado de Heylan.

X) Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz



Localización Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz.

La ciudad de Jerez de la Frontera fue reconquistada en 1264 por Alfonso X. Según Pavón, en esta ciudad debió existir un núcleo urbano en torno a una iglesia desde el siglo VI (Pavón Maldonado, 2009).

En esta ciudad aún subsiste una mezquita, denominada de la alcazaba y la cual ya en 1266 se usaba para el culto cristiano. En cuanto al alminar, se encuentra situado en el ángulo sureste del patio y al igual que el alminar de Santa Clara o el Fontanar ambos en Córdoba, se encuentra sobresaliendo hacia el exterior. Esta torre tiene planta cuadrada, midiendo sus lados 3 metros. Además, cuenta con un machón central también cuadrado y de 90 centímetros de lado. En cuanto a la escalera, Pavón no da medidas de la misma, únicamente expone que se cubre mediante bóvedas de medio cañón.

El alminar, al igual que el resto de la antigua mezquita, está construido mediante ladrillos en su totalidad, los cuales tienen unas dimensiones de 27 centímetros de largo por 13,5 centímetros de ancho y un grosor de 4 centímetros, Figura 1.22. La mezquita junto con el alminar está datada en el siglo XII.



Figura 1.22. Alminar de Jerez de la Frontera, Cádiz. (Pavón Maldonado, 2009).

XI) Alminar de la Magdalena, Jaén.

La Iglesia de la Magdalena, Jaén, fue una antigua mezquita edificada en algún momento del siglo XII. Actualmente esta iglesia cuenta con una torre, antiguo alminar, el cual tiene una base cuadrada con machón central del mismo tipo, (Pavón Maldonado, 2009).

La base arroja unas dimensiones que varían entre los 5 y los 6 metros. Su machón central tiene una base de 1,38 metros de lado y el ancho de sus escaleras varía entre los 88 centímetros y 1,10 metros. La torre como es norma ya en el siglo XII, se sitúa en el ángulo noroeste del patio, al igual que la de Niebla y la de Archidona, Figura 1.23.



Localización Alminar de la Iglesia de la Magdalena, Jaén.

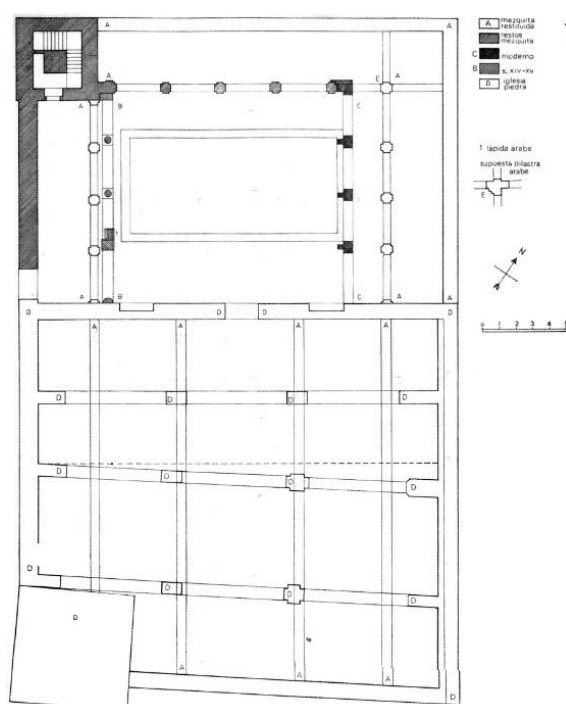


Figura 1.23. Planta de la Iglesia de la Magdalena. (Pavón Maldonado, 2009)

XII) Alminar de Archéz, Málaga



Localización Alminar de Archéz, Málaga.

El alminar de Archéz está datado entre los siglos XII y XIII. Este ejemplar tiene planta cuadrada cuyos lados miden 3,43 metros. Cuenta con un machón central cuadrado de un metro de base, dejando para el hueco de la caja de escalera 74 centímetros, Figura 1.24.

No cuenta con ventana alguna, aunque sí dispone de algunas saeteras para la entrada de luz en el interior. Su altura actual es de 13,66 metros. El aparejo utilizado es de ladrillo, teniendo éste las siguientes dimensiones, 27 centímetros de alto, 13 centímetros de ancho y un grosor de 5 centímetros, Figura 1.25.

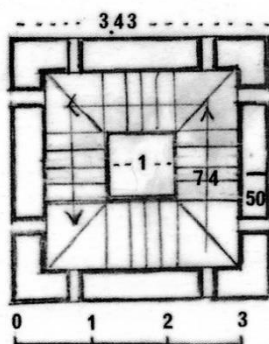


Figura 1.24. Planta del alminar de Archéz, Málaga. (Pavón Maldonado, 2009).

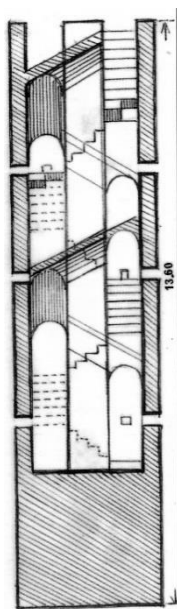


Figura 1.25. Sección del alminar de Archéz, Málaga. (Pavón Maldonado, 2009).

XIII) Alminar de Cuatrovitas, Sevilla

El alminar de Cuatrovitas fue descrito por primera vez por Torres Balbas, el cual ya apuntaba a que la torre se trataba de un alminar y daba la medida exterior del mismo. Además, llegó a datarlo como construido en el siglo XII o primeros años del siglo XIII. Según estudio de Pavón, (Pavón Maldonado, 2009), esta torre es de planta cuadrada con machón central del mismo tipo. La base mide 3,25 metros de lado, teniendo 44 centímetros el grosor de sus muros. El machón tiene una base de 90 centímetros de lado, dejando de esta forma 75 centímetros para la escalera.



Localización Alminar de Cuatrovitas, Sevilla.

Ésta desemboca a través del machón central en el centro de la parte superior, la cual no tiene segundo cuerpo y no se sabe si lo tuvo en algún momento. Este ejemplar, cuenta con ventanas de arcos de herradura y arcos lobulados en sus cuatro frentes, aunque todas ellas son ciegas. Se utilizó entonces para su iluminación interior una serie de saeteras abiertas en el lugar de las ventanas.

La altura de este ejemplar es de 14,50 metros lo que daría una proporción sin contar el segundo cuerpo que oscilaría entre $1/4$ y $1/5$. Aunque Pavón excluye la existencia de un segundo cuerpo en este alminar, el arquitecto Pedro Gurriarán Daza, (Gurriarán Daza, 2000), realiza una restitución de la torre en la que añade un segundo cuerpo y añade almenas de dientes agudos, Figura 1.26.

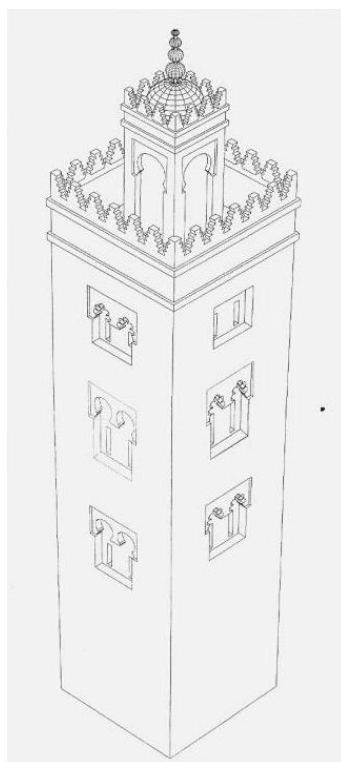


Figura 1.26. Restitución del alminar a finales del siglo XII. (Gurriarán Daza, 2000).

XIV) *Alminar de la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba*



Localización Alminar de la
Iglesia de San Lorenzo,
Córdoba.

Este alminar se encuentra ubicado en la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba. Para su estudio nos basaremos en la breve descripción facilitada por el arqueólogo Pedro Marfil en su tesis (Marfil Ruiz, 2010). Durante unas excavaciones llevadas a cabo en 1844 se descubrió la lápida fundacional de un alminar y una galería contigua al mismo. Dicho alminar fue construido durante el califato de *al-Hakam II* por una concubina de *'Abd al-Rahmān III*. Tras la reconquista, dicha mezquita fue destruida y sobre ella se edificó la actual Iglesia de San Lorenzo. Lo único que se respetó fue el alminar, al cual se le quitó su segundo cuerpo y se sustituyó por el cuerpo de campanas necesario.

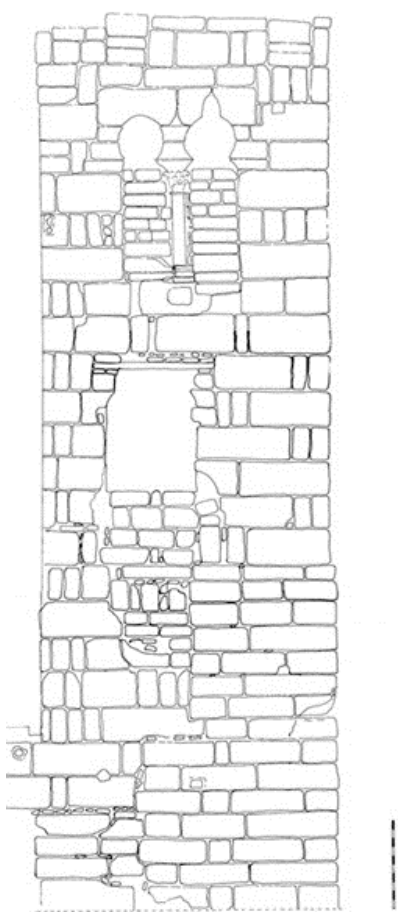


Figura 1.27. Alzado del alminar de la Iglesia de San Lorenzo, Córdoba. Plano de Pedro Marfil. (Marfil Ruiz, 2010).

Este alminar es de planta cuadrada, la cual mide 3,5 metros de lado y la altura que se conserva es de 10 metros. Si calculamos la proporción existente entre su base y la altura del mismo obtenemos un valor de 0,35, casi $1/3$ (0,333), proporción muy característica en los alminares de al-Andalus.

A una altura de 7 metros se encuentra una ventana de arcos de herradura gemelos. Como describe Marfil, el capitel de este ejemplar es califal, por lo que correspondería con la construcción durante el califato de *al-Hakam II*, Figura 1.27, (Marfil Ruiz, 2010).

El paramento del alminar está formado por sillería colocado a soga y tizón y que utiliza un mortero de cal y arena con abundancia de la primera. La parte inferior se encuentra colocada con 2 tizones por cada soga y corresponde a una obra de época emiral, (*¿Un posible alminar anterior?*), mientras que la parte superior corresponde a época califal y se encuentra colocado el aparejo con 3 tizones por cada soga. En el interior del alminar existe tallada una capilla gótica, colocada a 4,5 metros de altura.

XV) Alminar de Madinat al-Zahra', Córdoba

El alminar encontrado en la mezquita de Madinat al-Zahra' en 1964 tal y como describe en su memoria Pavón, (Pavón Maldonado, 1966), es de planta cuadrada al exterior, mientras que en su interior tiene planta ochavada, con machón central probablemente del mismo tipo. Este alminar es único, al menos es, de los que se han hallado, el único con planta interior ochavada. Se sabe que el octógono es el paso de la circunferencia al cuadrado, y puede ser el paso de los alminares de machón circular a machón cuadrado no fuera inmediato, sino que hubiese primero una configuración intermedia.

Pavón da las medidas de este alminar, cuya planta exterior mide 5,05 metros por 5,22 metros, medida como se ve muy cercana a los 10 codos del tipo *mā'mūnī*. El ancho de los muros arroja 61 centímetros de grosor y la escalera tiene una anchura aproximada de un metro, de la cual sólo se reconoce el primer escalón, Figura 1.28.

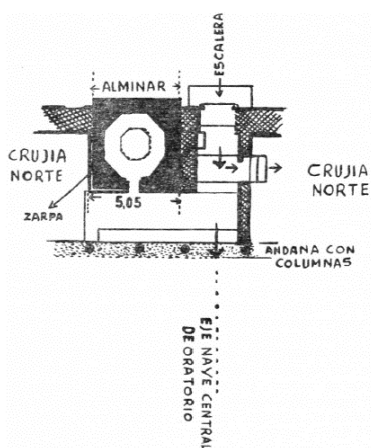


Figura 1.28. Planta del alminar de Madinat al-Zahra'. Plano de Basilio Pavón, (Pavón Maldonado, 1976).

Aunque su altura no se conserva, en la crónica de al-Makkarí, (al-Makkarí, 1840), el alminar tenía una altura de 40 codos, misma altura que las crónicas dan para el alminar construido por el emir *Hisham I* para la aljama de Córdoba. Junto a este alminar se encontraron los restos de algunas almenas, las más apaisadas correspondientes al muro de contorno y las más esbeltas correspondientes al alminar. De las almenas más esbeltas encontradas, cuya proporción entre base y altura es de $\frac{1}{2}$ (Pavón Maldonado, 1976), se hallaron dos tipos, almenas grandes, Figura 1.29, y almenas pequeñas, Figura 1.30, que corresponderían con los dos cuerpos de este alminar.

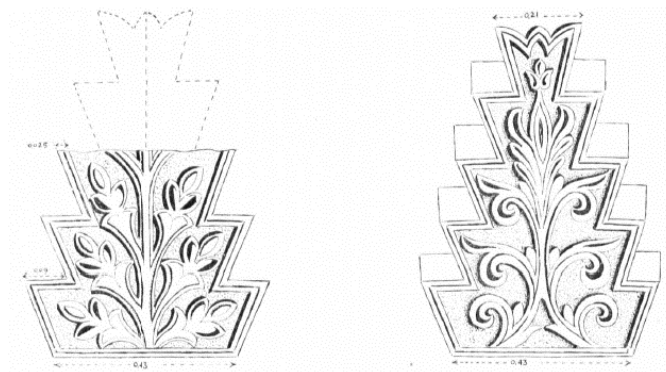


Figura 1.29. Almenas grandes del alminar, (Pavón Maldonado, 1976).

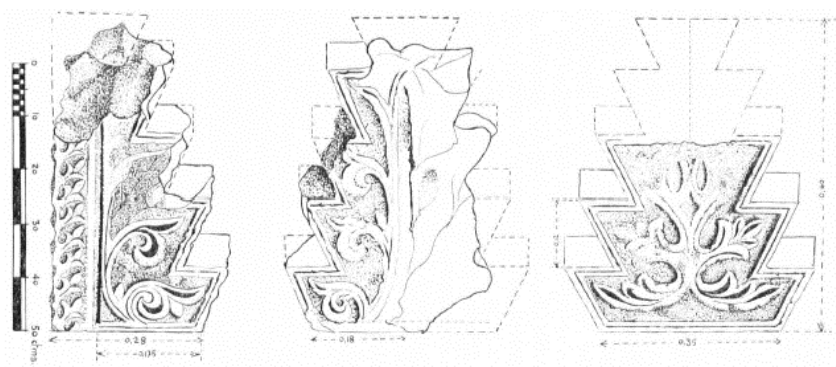


Figura 1.30. Almenas pequeñas del alminar. (Pavón Maldonado, 1976).

XVI) Otros alminares

Además de los alminares ya estudiados, y de los que, si se conocen sus medidas, bien por medición directa, o bien por las crónicas que nos han llegado. Hay una serie de alminares que han sido descubiertos, aunque no se conserven en su totalidad.

Este es el caso de los alminares de mezquitas de barrio cordobesas, los cuales, gracias a las obras realizadas en la ciudad, han ido estudiándose y recopilándose. Un gran trabajo de recopilación e investigación ha sido el llevado a cabo por González, (González Gutiérrez, 2012), trabajo que nos servirá para hacer un resumen de las medidas de estos alminares. Del alminar de la mezquita del Fontanar, Córdoba, cuando fue excavado por Zamorano, (Zamorano y Luna, 1992), no quedaba nada excepto la cimentación del mismo. Se encontró ubicado en la esquina noroeste del patio de la mezquita y sobresalía ligeramente hacia el exterior, al igual que los alminares de Santa Clara, Córdoba y Jerez de la Frontera, Cádiz.

Tiene unas dimensiones de 4,18 metros por 4,24 metros de base, siendo el resto del mismo desconocido. Según Pavón, (Pavón Maldonado, 2009), este alminar sería construido entre los siglos IX y X, siendo anterior al de *Madinat al-Zabra*. Otra mezquita excavada por Ruiz, (Ruiz Nieto, 2000), es la encontrada en Paseo de la Victoria, 17, Córdoba, en la que se encontraron los restos de un alminar. Éste está destruido prácticamente en su totalidad, lo único que se conoce es que era de planta cuadrada, la cual arrojaba unas medidas de 5 por 4 metros.

En el centro de transfusión sanguínea se encontró otra mezquita con alminar, de planta cuadrada, midiendo sus lados 3,41 metros por 3,13 metros. Se documentó un acceso a este alminar por el frente noroeste e internamente tuvo una escalera en torno a los muros interiores. Tenemos muchos más ejemplos de alminares encontrados en Córdoba u otras

ciudades, pero son tan escasos los restos encontrados, que normalmente solo se puede obtener la medida exterior de la planta. Para el estudio que se ha realizado, han hecho falta el mayor número de medidas posibles para poder hallar una relación o proporción entre ellas. Por esto, hay alminares que se han dejado fuera del estudio, por no tener las suficientes medidas o la veracidad suficiente para tenerlos en cuenta.

A lo largo del capítulo se han recogido alminares de toda al-Andalus, teniendo ejemplares desde primeros del siglo IX hasta contruidos de forma tardía en el siglo XIII. Como el lector ya habrá podido comprobar, hay muchas características similares entre los alminares en función de la época en la que fue construido, empezando por el paramento exterior, sillares de piedra o ladrillos, y siguiendo por el tipo de decoración, número de ventanas o disposición interior de la escalera.

3.1.3.3. Antecedentes del Codo

Durante las construcciones llevadas a cabo en la Edad Media se utilizaron diversas unidades de medida; la vara, el dedo, el palmo, la toesa y el codo entre otras. Los distintos cronistas árabes transmitieron las medidas de la antigua mezquita de Córdoba en diferentes unidades de medida, pero prevaleciendo por encima de todas, el codo. De esto se dio cuenta el arquitecto conservador Hernández el cual en su obra cataloga, contrasta y estudia todas las medidas en busca de establecer el tipo de codo y su equivalencia en centímetros (Hernández Giménez, 1961).

Como puede suponerse, el trabajo realizado por Hernández fue de gran ayuda para conocer el trazado y construcción de este edificio y otros contruidos en la misma época. En su estudio el arquitecto tiene en consideración únicamente dos tipos de codo, el llamado *mā'mūnī* y el *raššāšī*, los cuales tendrían unos valores de 24 dedos y 30 dedos respectivamente, existiendo por tanto una relación 4:5 entre ellos, (Hernández Giménez, 1961).

A lo largo de todo el texto Hernández compara la medida del codo que relatan las crónicas árabes con su valor en centímetros medido por él, obteniendo diversas equivalencias para el codo. Durante la fase de contraste de las medidas se encontró con varios problemas, uno de ellos fue el no conocer entre qué puntos se habían realizado algunas medidas, mientras que otro de los problemas es la falta de decimales o valores intermedios en las medidas dadas por los cronistas. Esta falta de información podría llevarle a errores por lo que Hernández tomo las medidas desde todos los puntos que pensó pudo tomar el cronista y después las sometió a un detenido análisis.

Tras la comparación de resultados y descartadas algunas de las medidas tomadas, Hernández equipara el codo *mā'mūnī* a 47,14 centímetros y el codo *raššāšī* a 58,76 centímetros. Además, añade Hernández que el codo *raššāšī* fue el empleado en la Meca, y muy utilizado en la construcción de la antigua mezquita de Córdoba.

Algunos años después del análisis de Hernández, Joaquín Vallvé realizó un estudio teniendo en consideración todos los codos y varas utilizados durante la Edad Media en la construcción y vida cotidiana, y que fueron los utilizados por diversos cronistas árabes durante las descripciones que hicieron de los edificios y monumentos, (Vallvé Bermejo, 1976).

Vallvé, al igual que Hernández, se basa en las fuentes escritas, aunque en este caso, no se centra únicamente en las pertenecientes a la antigua mezquita de Córdoba. En su estudio, no tan extenso como el de Hernández, ni con medidas tan contrastadas como las del

arquitecto, Vallvé expone un resumen final de las medidas. Entre dichas unidades de medida tenemos:

Codo geométrico o manual (24 dedos) – 41,8 centímetros.

Codo de ribera, *raššāšī* de Córdoba de 32 dedos o codo mediano morisco (24 pulgadas) – 55,727 centímetros.

Codo *mā'mūnī* (27 dedos) – 47 centímetros.

Paso ordinario (27 pulgadas) – 62,6928 centímetros.

Codo *raššāšī* (30 dedos) – 52,244 centímetros.

Codo mayor morisco (32 pulgadas) – 74,3 centímetros.

Codo real de Castilla (33 dedos) – 57,469 centímetros.

Con estas unidades de medida y las consignadas por Hernández, se realizará un estudio de dimensiones de algunas partes de la Catedral de Córdoba y de los alminares recopilados anteriormente.

3.1.3.4. Proporciones en los alminares del al-Andalus ya estudiadas

Un estudio importante acerca de las proporciones en los alminares construidos en al-Andalus es el llevado a cabo por Pavón (Pavón Maldonado, 2009), investigación mediante la cual llega a importantes relaciones en cuanto a la altura de los alminares.

En primer lugar, el autor hace un estudio de proporciones en las almenas encontradas por él y por Félix Hernández en *Madinat al-Zahra'*. Las almenas las divide Pavón en dos grupos, almenas grandes, para el primer cuerpo del alminar y almenas pequeñas para el segundo cuerpo del alminar. En ambos casos, las almenas arrojan una proporción de 1/2 entre la base y la altura. Mientras que las almenas ubicadas en el oratorio de la referida mezquita tienen una proporción de 0,88-0,89, proporciones muy próximas a los 7/8 o 0,875.

En cuanto a las alturas, Pavón llega a las siguientes conclusiones tras el estudio de las crónicas y otros ejemplares, entre ellos el alminar de *Madinat al-Zahra'* y el gran alminar de *'Abd al-Rahmān III*:

Relación entre el lado de la base del primer cuerpo y la altura total: 1/4

Relación entre la base y la altura del primer cuerpo: 1/3

Relación entre la base del primer cuerpo y la base del segundo cuerpo: 1/2

Además, añade el posible sistema de bajada de aguas utilizado en los alminares, sistema encontrado en el alminar de la mezquita de *Madinat al-Zahra'* y la posibilidad de que el segundo cuerpo tuviera un tejado a cuatro aguas y no una azotea como se ha planteado en otros alminares.

3.1.3.5. Metodología

Diseño Experimental

Durante el trabajo de investigación y recopilación llevado a cabo se definió un tamaño de la muestra de catorce alminares. Los alminares se encuentran en la Comunidad Autónoma de Andalucía, España, repartidos dentro de las ocho provincias de las que consta y datados entre los siglos IX y XIII.

Para el estudio han sido seleccionados, de todos los alminares descubiertos en Andalucía, los más fiables desde el punto de vista de sus dimensiones. Aunque se han hallado las plantas de algunos otros, no contamos con sus dimensiones completas o bien han sido modificados en épocas posteriores; y por tanto podrían introducir error en el análisis estadístico. Conocemos la existencia de veintidós alminares en Andalucía construidos durante la época Islámica, (Pavón Maldonado, 2009; González Gutiérrez. 1975; AAA, 2000).

Tampoco han sido tenidos en cuenta ni el gran alminar de *'Abd al-Rahman III*, ubicado en el interior de la actual torre de la Mezquita-Catedral de Córdoba, ni la Giralda de Sevilla. Ambos alminares fueron los más grandes de su época y estuvieron ubicados en las mezquitas aljamas de las dos grandes ciudades. Esto motivó que la construcción interior de los mismos variase, y por tanto, no son aptos para incluirlos en el estudio estadístico.

Para los alminares ubicados en Córdoba, cuatro en total han sido los escogidos, los cuales habían sido estudiados y recopilados anteriormente (Hernández Giménez, 1975; González Gutiérrez, 2012; Pavón Maldonado, 1966). En Sevilla han sido seleccionados dos alminares, ya estudiados en profundidad (Hernández Giménez, 1975; Valor Piechotta, 1993), perteneciente a la mezquita de Ibn Adabbas. Además, contamos con el alminar ubicado en Cuatrovitas, (Pavón Maldonado, 2009).

Para los alminares emplazados en Granada nos hemos servido del gran trabajo de investigación realizado por Hernández, (Hernández Giménez, 1975). El alminar de la mezquita aljama de Granada fue demolido en el siglo XVI, aunque en su estudio, Hernández plantea una reconstrucción basándose en los textos cristianos que lo describían y en los cuales daban sus medidas más importantes. Aunque es una reconstrucción, hemos decidido incluirlo en el análisis.

Otro alminar a destacar es el ubicado en Medina Sidonia, Cádiz, estudiado recientemente, (Gurriarán Daza, et al, 2002). Por último, tenemos alminares en Niebla (Huelva), Jaén, Málaga y el alminar ubicado en Velefique (Almería) (Angelé, Cressier, 1990).

Las dimensiones de los alminares que forman parte del estudio se muestran en la Tabla 1.1. Se han utilizado para el estudio las cuatro medidas más significativas del exterior e interior de este tipo de construcción, la medida del ancho de las escaleras (WS), la medida o diámetro del machón central (CP), la medida exterior de la base del alminar (MB) y la medida o diámetro exterior de las escaleras (EDS). Por último, se ha añadido la época en la cual fueron construidos, todas las medidas están en centímetros. En la Figura 1.31 se muestra un boceto con las dimensiones principales tenidas en consideración en el estudio. Además, en la Figura 1.32 se han incluido la planta de los alminares seleccionados con todas sus dimensiones, y en diferente color para diferenciar las distintas épocas de construcción.

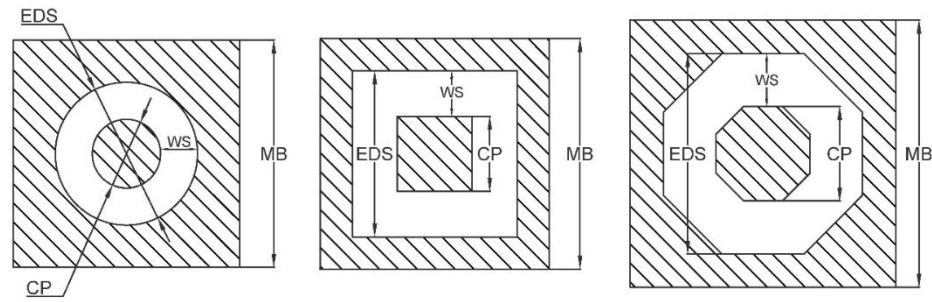


Figura 1.31. Boceto con las dimensiones principales tenidas en cuenta en el estudio estadístico.

Asimismo, han sido calculadas las relaciones entre las diferentes medidas, Tabla 1.1. Las relaciones calculadas son el diámetro exterior (EDS) entre la medida de la base (MB), denominada a partir de ahora como R1. La medida o diámetro del machón (CP) entre la medida de la base (MB), R2, y, por último, la medida del ancho de la escalera (WS) entre la medida de la base (MB), R3. Además, ha sido añadido el tipo de planta interior del alminar.

ID	NOMBRE (LOCALIZACIÓN)	WS (cm)	CP (cm)	MB (cm)	EDS (cm)	FECHA SIGLO	R1	R2	R3	DISPOSICIÓN INTERIOR
1	Ibn Adabbas (Sevilla)	96	242	585	434	P. IX	0,74	0,41	0,16	Circular
2	Santiago (Córdoba)	71	103	390	245	IX	0,63	0,26	0,18	Circular
3	San Juan (Córdoba)	63	99	370	225	IX	0,61	0,27	0,17	Circular
4	Niebla (Huelva)	60	100	370	220	IX	0,59	0,27	0,16	Circular
5	Veefique (Almería)	70	130	430	270	IX	0,63	0,30	0,16	Circular
6	Al-Zahra' (Córdoba)	100	178,5	505	378,5	X	0,75	0,35	0,20	Octagonal
7	Medina Sidonia (Cádiz)	68	131	363	267	X	0,74	0,36	0,19	Rectangular
8	Santa Clara (Córdoba)	86	142	436	314	X	0,72	0,33	0,20	Rectangular
9	San José (Granada)	65	140	380	270	XI	0,71	0,37	0,17	Rectangular
10	Aljama de Granada	70	167	446	307	XI	0,69	0,37	0,16	Rectangular
11	La Magdalena (Jaén)	88	138	500	314	XII	0,63	0,28	0,18	Rectangular
12	Archéz (Málaga)	74	100	343	248	XII-XIII	0,72	0,29	0,22	Rectangular
13	Cuatrovitas (Sevilla)	75	90	325	240	XII-XIII	0,74	0,28	0,23	Rectangular
14	San Juan (Granada)	68,5	158	442	295	XIII	0,67	0,36	0,15	Rectangular

Tabla 1.1. Dimensiones de los alminares en estudio.

Antes de proceder al estudio de las medidas, se ha llevado a cabo una clasificación de los distintos tipos de codo estudiados por Hernández y Vallvé (Hernández Giménez, 1961; Vallvé Bermejo, 1976). Para su clasificación, Tabla 1.2, se ha tenido en cuenta su lugar de procedencia y su valor dimensional. Para evitar confundirlos con sus nombres, se han clasificado mediante un identificador (IDC) para que de forma rápida se pueda obtener o conocer el valor del codo.

Para el estudio del tipo de codo utilizado en el trazado y construcción de los alminares, se ha analizado el tipo de codo empleado en cada alminar. Según se ha visto, el resultado obtenido debe de ser un valor exacto y sencillo, y de no ser exacto, debe ser muy aproximado al mismo. Esto debe ser así, ya que, si la altura del alminar era de tres o cuatro veces la altura de la base, el número de codos de la base debía ser un número sencillo para facilitar el cálculo del trazado y proporciones (Pavón Maldonado, 1976).

(IDC)	Tipo de Codo	Equivalencia en cm
1	Codo <i>mā'mūni</i>	47,14
2	Codo común	41,79
3	Codo mayor morisco	74,30
4	Codo menor morisco	55,72
5	Codo de 27 pulgadas	62,69
6	Codo de 30 dedos	52,24
7	Codo <i>raššāš</i>	58,76

Tabla 1.2. Clasificación de los distintos tipos de codo.

Análisis multivariante.

Una vez recopilada la información y dimensiones de los alminares, se procedió a realizar un estudio multivariante de las medidas más importantes del mismo, las medidas de la escalera (WS), del machón central (CP), de la base (MB) y del diámetro de la escalera (EDS).

De esta forma se analizó en qué proporción se encuentran relacionadas entre sí las distintas medidas. El análisis se llevó a cabo haciendo uso del software *The R Project for Statistical Computing*, un software Open Source, (Chambers, 2004).

Mediante este análisis se ha comprobado la normalidad de los datos antes de proceder a realizar los análisis determinantes. Si los datos no hubiesen sido normales, es decir, no pertenecen a una distribución normal, deberíamos utilizar logaritmos con el fin de normalizar los datos.

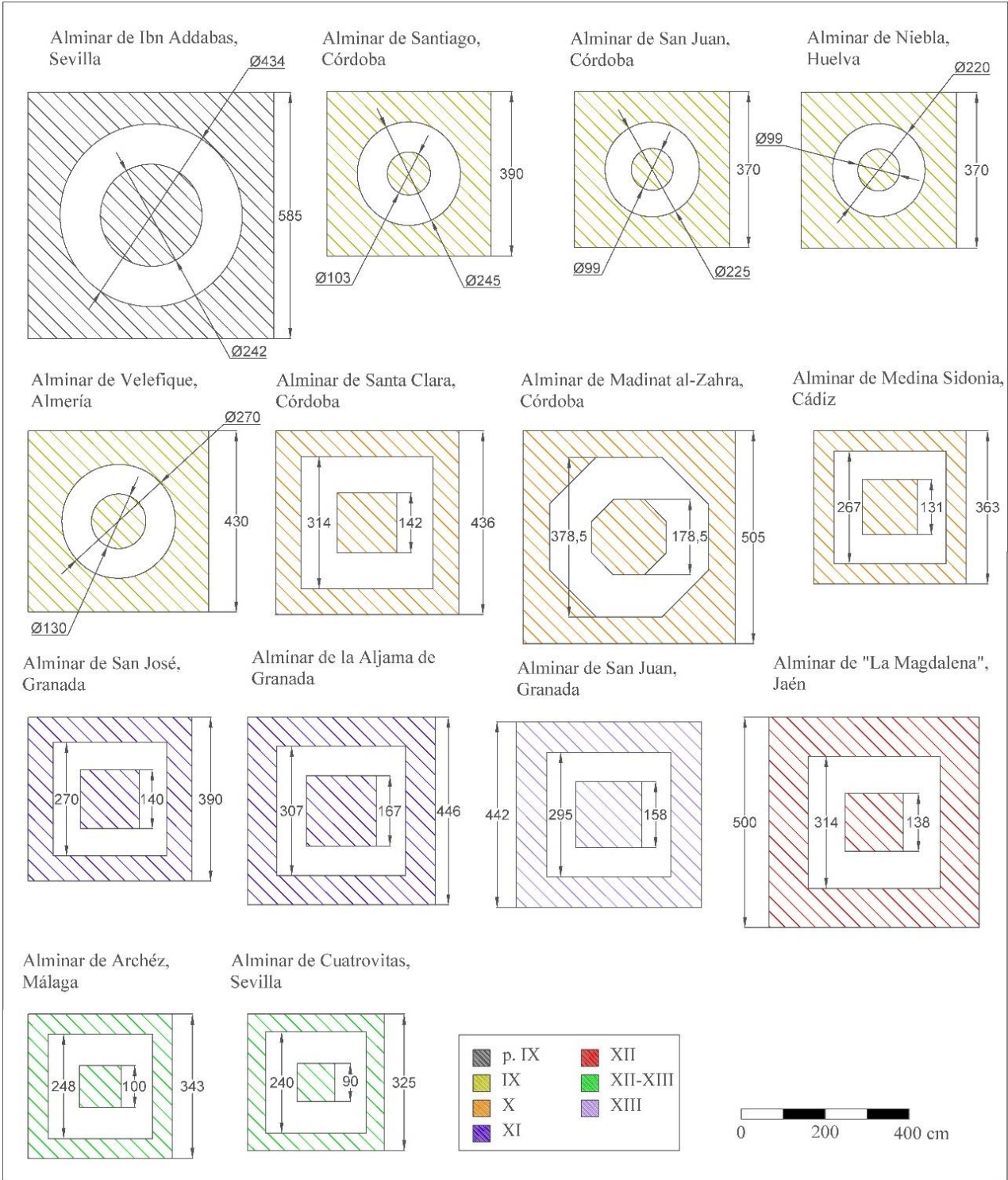


Figura 1.32. Dimensiones de las plantas de los alminares en estudio.

Análisis discriminantes y neurales.

Análisis discriminante

Mediante los dos análisis discriminantes que se han llevado a cabo se pretende organizar, a partir de las variables métricas, en variables no métricas los alminares. De esta forma, haciendo uso de las medidas, podemos conocer en qué época fue construido un alminar.

Esto se ha conseguido gracias a que las distintas dimensiones están muy relacionadas entre sí y gracias a que las relaciones son diferentes para cada periodo, en caso contrario no sería posible determinar la época exacta, sino que tendríamos varias posibilidades.

El primer paso es realizar un estudio con los catorce alminares seleccionados y las tres relaciones existentes entre las dimensiones, Tabla 1.1. Posteriormente se llevó a cabo un segundo estudio haciendo uso únicamente de dos de las tres relaciones, la relación R1 y R2. Estos análisis nos muestran en qué proporción somos capaces de predecir la época de construcción del alminar en estudio a partir de sus dimensiones básicas.

Para llevar a cabo este estudio hace falta conocer desde el primer momento los grupos en los cuales deberán ser encuadrados los alminares, como ya se expuso en la metodología general del presente capítulo. En nuestro caso, se crearon siete grupos, haciendo distinciones entre épocas en función del estudio previamente llevado a cabo en la Tabla 1.1.

Análisis neural

Un análisis neural de las variables nos sirve al igual que el análisis discriminante para clasificar los alminares en grupos. En este caso, en lugar de clasificarlos por época, serán clasificados en función de la disposición interior del mismo, creando por tanto tres grupos de clasificación, alminares de interior circular, rectangular y por último ochavado; interior extraño en los alminares de al-Andalus, pero del cual se tiene un caso en el alminar de *Madinat al-Zabra*, Córdoba (Pavón Maldonado, 1966).

Se realizaron dos análisis, en uno de ellos se hizo uso de las cuatro variables dimensionales de la Tabla 1.1, en el otro se usaron únicamente dos variables, la medida de la base (MB) y el diámetro o medida exterior de la escalera (EDS). En este caso han sido escogidas las variables dimensionales en lugar de las relaciones existentes entre ellas porque la clasificación de la planta exige una mayor distinción entre las distintas medidas.

3.1.3.6. Resultados

En la Tabla 1.3 se muestran los resultados obtenidos en todos los cálculos realizados para la identificación del posible tipo de codo utilizado en la construcción de cada alminar. Resaltándose aquellos que han coincidido con un valor exacto de codos o con un valor muy aproximado de ellos.

Analizando la Tabla 1.3 se aprecia que en todos los alminares, (excepto dos de ellos, resaltados en la Tabla 1.3), su base coincide con número exacto de codos de uno o varios tipos, teniendo alminares que coinciden con hasta tres tipos diferentes de codos y por tanto pudiendo haber sido proyectados con cualquiera de ellos. Por otro lado, podemos observar cómo tanto el codo de 27 pulgadas, (IDC=5), como el codo menor morisco, (IDC=4), son los que contabilizan el mayor número de alminares, coincidiendo en número exacto de codos 9 de ellos. Siete alminares tienen una base de 7 codos de ancho. Además, hay tres alminares con una base de nueve codos de anchura.

El primer dato importante una vez analizadas las variables de la Tabla 1.1 es que tanto el sesgo estandarizado, como la curtosis estandarizada, se encuentran dentro de los valores -2 a +2, lo que indica que los datos están normalizados y por tanto la muestra proviene de una distribución normal.

ALMINARES	IDC (Número de Codos)						
	1	2	3	4	5	6	7
San Juan (Córdoba)	7,85	8,85	4,98	6,64	5,90	7,08	6,30
Santiago (Córdoba)	8,27	9,33	5,25	7,00	6,22	7,46	6,64
Santa Clara (Córdoba)	9,25	10,43	5,87	7,82	6,95	8,35	7,42
La Magdalena (Jaén)	10,6	11,96	6,72	8,97	7,97	9,57	8,51
al-Zahra' (Córdoba)	10,71	12,08	6,80	9,06	8,06	9,67	8,59
Medina Sidonia (Cádiz)	7,70	8,69	4,89	6,51	5,79	6,95	6,18
Ibn Adabbas (Sevilla)	12,41	14,00	7,87	10,50	9,33	11,20	9,96
Cuatrovitas (Sevilla)	6,89	7,78	4,37	5,83	5,18	6,22	5,53
Niebla (Huelva)	7,85	8,85	4,98	6,64	5,90	7,08	6,30
Velefique (Almería)	9,12	10,29	5,79	7,72	6,86	8,23	7,32
San José (Granada)	8,27	9,33	5,25	7,00	6,22	7,46	6,64
Aljama de Granada	9,46	10,67	6,00	8,00	7,11	8,54	7,59
Archéz (Málaga)	7,28	8,21	4,62	6,16	5,47	6,57	5,84
San Juan (Granada)	9,37	10,57	5,95	7,93	7,05	8,46	7,52

Tabla 1.3. Número de codos en función de la anchura de la base.

De este estudio lo que más nos interesa conocer es el coeficiente de correlación de Pearson entre las cuatro variables. El coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 y +1 y mide la relación lineal existente entre las variables, los valores próximos a cero indican una nula o poca relación entre variables. En el caso en estudio, las relaciones entre variables son muy fuertes, encontrándose entre 0,6521 y 0,9530 la correlación entre ellas. Ya tenemos una primera muestra de la existencia de una proporción o relación entre variables.

El primer análisis discriminante, Tabla 1.4, se ha llevado a cabo haciendo uso de las tres relaciones calculadas, Tabla 1.1. En la Tabla 1.4 se muestra el identificador de cada alminar, la época en la que fue construido, la época en la que ha sido clasificado según el análisis discriminante y la probabilidad con la cual ha sido ubicado en dicha época.

ID	ÉPOCA	ÉPOCA CLASIFICADA	PROBABILIDAD
1	P. IX	P. IX	0,97
2	IX	IX	1,00
3	IX	IX	1,00
4	IX	IX	1,00
5	IX	IX	0,99
6	X	X	0,99
7	X	X	1,00
8	X	X	0,99
9	XI	XI	0,96
10	XI	XI	0,98
11	XII	XII	1,00
12	XII-XIII	XII-XIII	0,99
13	XII-XIII	XII-XIII	1,00
14	XIII	XIII	1,00

Tabla 1.4. Clasificación por época de los alminares según el análisis discriminante llevado a cabo.

El segundo análisis, y ya que anteriormente se había obtenido el 100% de casos ubicados correctamente, se llevó a cabo haciendo uso de dos de las tres variables, la relación R1 y R2. De esta forma, se consiguieron asignar correctamente el 92,85% de los alminares con su época correspondiente, lo que corresponde con 13 alminares correctamente clasificados. Por tanto, en caso de no tener documentadas todas las dimensiones del alminar, se podría, de forma aproximada, establecer la época en la cual fue construido a partir de sus dimensiones.

En la Tabla 1.5 se muestran los resultados obtenidos en el análisis neural. Se muestra la planta interior de los alminares y su predicción según el análisis. En este caso, el uso de las cuatro variables, Tabla 1.1, (MB, WS, EDS y CP), o el uso de dos de ellas, (MB y CP), es indiferente ya que se obtuvieron el mismo número de alminares clasificados correctamente, un 75%. En la Tabla 1.5 se puede observar como todos los ejemplares con planta interior rectangular han sido correctamente ubicados en su disposición original. Por el contrario, solamente el 40% de los alminares de interior circular han sido correctamente clasificados.

Disposición interior	Predicción		
	Circular	Rectangular	Octogonal
Circular	40%	60%	0%
Rectangular	0%	90%	10%
Octogonal	0%	0%	100%

Tabla 1.5. Predicción de la disposición interior de los alminares a partir de un análisis neural.

Estos resultados pueden ser explicados debido al diferente tipo de planta del alminar de Madinat al-Zahra, el único alminar con interior octogonal. Este tipo de planta está introduciendo error en nuestro análisis estadístico. Por esta razón, se llevó a cabo otro análisis sin dicho alminar y haciendo uso de dos de las cuatro variables, la dimensión de la base del alminar, (MB), y la medida o diámetro exterior de la escalera, (EDS). Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 1.6, en la cual se observa una mejoría en la clasificación pasando a un 92,86% de alminares correctamente clasificados por planta. El único que no ha sido ubicado correctamente es el alminar de *Ibn Adabbas*, Sevilla, ya que sus proporciones son más próximas a los alminares de interior rectangular que a los alminares de interior circular.

Disposición interior	Predicción	
	Circular	Rectangular
Circular	80%	20%
Rectangular	0%	100%

Tabla 1.6. Predicción de la disposición interior sin el alminar octogonal de Madinat al-Zahra’.

ID	NOMBRE (UBICACIÓN)	R1	R2	R3	ÉPOCA
1	Ibn Adabbas (Sevilla)	0,74	0,41	0,16	P. IX
2	Santiago (Córdoba)	0,63	0,26	0,18	IX
3	San Juan (Córdoba)	0,61	0,27	0,17	IX
4	Niebla (Huelva)	0,59	0,27	0,16	IX
5	Velefique (Almería)	0,63	0,30	0,16	IX
6	Al-Zahra’ (Córdoba)	0,75	0,35	0,20	X
7	Medina Sidonia (Cádiz)	0,74	0,36	0,19	X
8	Santa Clara (Córdoba)	0,72	0,33	0,20	X
9	San José (Granada)	0,71	0,37	0,17	XI
10	Aljama de Granada	0,69	0,37	0,16	XI
11	La Magdalena (Jaén)	0,63	0,28	0,18	XII
12	Archéz (Málaga)	0,72	0,29	0,22	XII-XIII
13	Cuatrovitas (Sevilla)	0,74	0,28	0,23	XII-XIII
14	San Juan (Granada)	0,67	0,36	0,15	XIII

Tabla 1.7. Relaciones entre las dimensiones y la época de los alminares.

Por último, en la Tabla 1.7 se muestran las relaciones entre las medidas calculadas en la Tabla 1.1 y las épocas de cada uno de los alminares. En ella se observa como las proporciones son iguales dentro de una misma época, pero varían con respecto a las demás. Estas variaciones pueden observarse en la Gráfica 1.1 y Gráfica 1.2. En la Gráfica 1.1 se muestra la relación R2 frente a R1, y en ella se muestra como los alminares se agrupan en función de su época de construcción.

Relaciones R2-R1

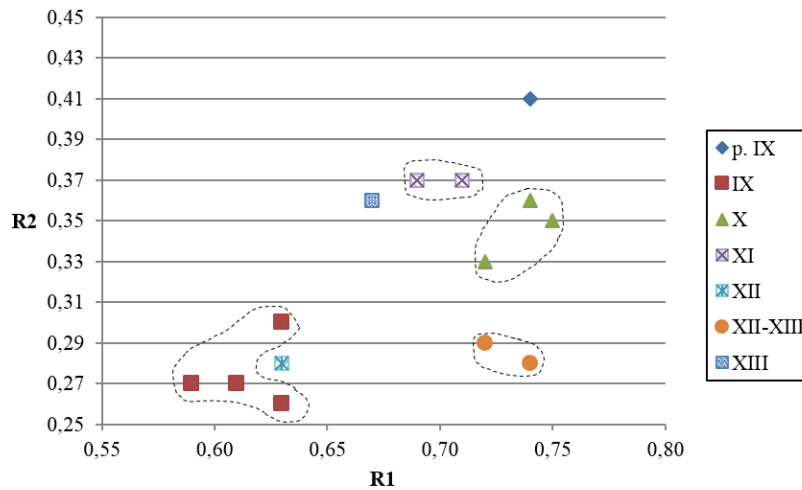


Gráfico 1.1. Relación entre R2 y R1.

Estos resultados son importantes para conocer la evolución en la construcción de los alminares Islámicos. El agrupamiento de alminares construidos en torno a la misma época nos muestra que hubo cambios en la forma de construir a lo largo de los siglos. Finalmente, la Gráfica 1.2 ilustra la relación R1 y la época de construcción de los diferentes alminares. La relación R1 es la relación entre la anchura de la base (MB) y el diámetro exterior de la caja de escalera (EDS), así pues, esta relación muestra el espesor del muro exterior del alminar. Esta relación nos muestra la variación de ese espesor y, en consecuencia, un mejor conocimiento de la estructura que se está edificando.

Variación de R1 a lo largo de los siglos

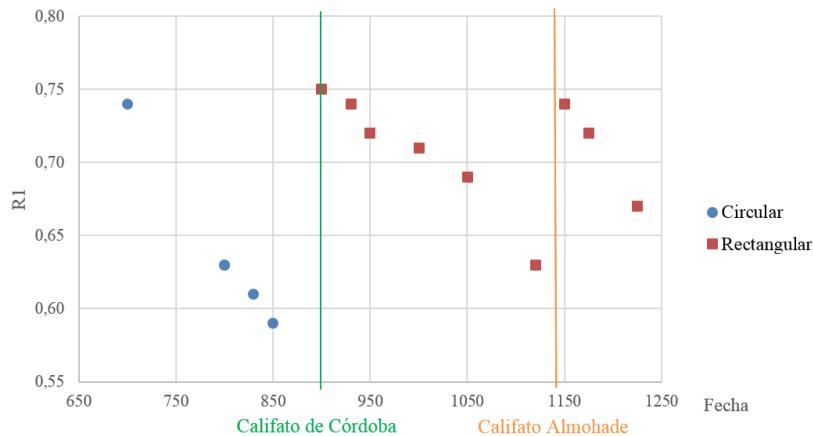


Gráfico 1.2. Variación de R1 a lo largo de los siglos.

En primer lugar, podemos observar en la Gráfica 1.2 que esta relación disminuye a lo largo del tiempo, pero ante cambios políticos, esta relación vuelve a aumentar para volver a disminuir paulatinamente. Por tanto, esto nos muestra un desarrollo y una mejora en el conocimiento de la construcción y diseño de este tipo de construcciones. De forma que sus

muros podían ser menos espesos, ahorrando material de construcción y mostrando una primera muestra de la búsqueda de eficiencia en la construcción.

Por otro lado, podemos observar que estos cambios ocurren durante la transición desde el emirato Omeya hasta el Califato Omeya y, en segundo lugar, con la transición del gobierno almorávide hasta la invasión almohade. Durante estos importantes cambios políticos y militares, nuevos arquitectos y artesanos entrarán en escena para la construcción de nuevas mezquitas y fortificaciones militares.

3.1.3.7. Conclusiones del estudio estadístico de los alminares

A la vista de los resultados obtenidos podemos afirmar que existe una relación entre las medidas características de un alminar, al igual que existe una relación entre la altura y la base. Estas relaciones son muy importantes porque gracias a ellas podemos reconstruir planimetricamente y tridimensionalmente algunos alminares conociendo tan solo las dimensiones de su planta exterior y planta interior. Además, el presente estudio puede ayudar a los arqueólogos en la datación de alminares de acuerdo a sus dimensiones.

En este campo se llevará a cabo el estudio de la reconstrucción tridimensional del alminar de Hixem I, construido en la Mezquita Catedral de Córdoba en el siglo VIII, en el capítulo 3.3 de la tesis.

Las relaciones y proporciones entre alminares dependen de la época de construcción y del tipo de planta interior. No obstante, son siempre constantes a lo largo de un mismo periodo. Creemos firmemente que este estudio puede ayudar en la datación de nuevos alminares o de aquellos existentes que no hayan sido incluidos en el presente estudio. Además, la misma metodología puede ser usada en la datación y obtención de relaciones en otros campos dedicados al Patrimonio. Una de ellas puede ser el estudio de materiales de construcción, por ejemplo, el estudio de ladrillos y sillería de distintas épocas para la datación de emplazamientos arqueológicos o para distinguir diferentes áreas.

Por último, se ha descubierto una mejora en el diseño y proceso de construcción de este tipo de edificios a lo largo de los siglos, y como los cambios políticos y militares afectaron negativamente a este desarrollo. Este trabajo muestra así mismo la primera evidencia en la búsqueda de ahorro de material y eficiencia en la construcción una vez que la estabilidad ha sido verificada.

3.1.4. Estudio multivariante y clasificación de las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I de la Mezquita-Catedral de Córdoba

3.1.4.1. Introducción

La segunda parte del capítulo tiene como objetivo clasificar las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I de la Mezquita-Catedral de Córdoba en función de sus dimensiones. De esta forma, se pretende clasificar las columnas con medidas similares y mismo material, para encontrar aquellas columnas que pudieron provenir de un mismo edificio. Para ello se recopilarán todos los datos acerca de cada columna y sus diferentes partes, cimacio, capitel, fuste y basa. De esta forma, se generarán las tablas para llevar a cabo el estudio estadístico de la misma forma que ya se ha visto en la sección anterior.

La elección de este sector en concreto para el estudio se debe a la antigüedad del mismo, siendo la primera zona en ser construida y contando por tanto con la mayor parte del material reaprovechado de todo el monumento (Peña Jurado, 2010). Aunque son varios los investigadores que han estudiado este sector de la antigua Mezquita, póngase como ejemplo el arquitecto Félix Hernández, o el canónigo archivero Manuel Nieto Cumplido (Nieto Cumplido, 2007), hasta el momento ningún investigador ha hecho uso de la estadística y las matemáticas para estudiar las columnas que sustentan este magnífico edificio.

No obstante, y como se analizará en el Capítulo 3.2, sí que hay varios estudios dedicados al análisis geométrico de este sector y del edificio en general. Con ocasión del V congreso de Ingegraf, Montes Tubío (Montes Tubío, 2005) llevó a cabo un análisis de elementos finitos de las arquerías de la Mezquita Catedral de Córdoba haciendo uso de software CAE (Computer Aided Engineering). Por otra parte, el arqueólogo Peña Jurado, dedicó el trabajo de su tesis doctoral al reaprovechamiento de material romano y visigodo de la Mezquita Catedral de Córdoba, creando un magnífico catálogo de sus columnas. Si bien, tiene carencias en las mediciones realizadas, aporta importantes datos acerca del material, estilo y época de cada una de las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I y ‘Abd al-Rahman II (Peña Jurado, 2010). Además, en su estudio sí que clasifica como provenientes de un mismo edificio una serie de fustes y capiteles del sector de ‘Abd al-Rahman I (Peña Jurado, 2010)

En cuanto a estudios de columnas en otros edificios, el equipo de investigadores liderados por Leucci llevó a cabo un estudio de georadar sobre los fustes de las columnas de la cripta de la Catedral de Otranto, Italia (Leucci, et al, 2007). Su objetivo era detectar mediante la técnica de georadar grietas y fracturas en el interior de los fustes.

3.1.4.2. Breve historia de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I

Tras la conquista de Córdoba por el islam en el año 712, las iglesias ubicadas en el interior y exterior de la urbe fueron destruidas, construyendo en su lugar pequeñas mezquitas. A los cristianos tan solo se les permitió quedarse con la mitad de la llamada hasta ahora Basílica de San Vicente, aunque estudios recientes empiecen a vislumbrar un posible Complejo Episcopal en dicho sector (Marfil, 2010).

“Cuando el islam conquistó al-Andalus y Tariq b. Ziyad, mawla de Musa b. Nusayr, entró en Córdoba, ordenó que se construyera la mezquita aljama de la que estamos hablando, ocupando la mitad de la antigua iglesia. Así se Hizo y quedó la otra mitad como iglesia en manos de los cristianos dimmies.” (Molina, 1983, p. 42).

Con la llegada al poder del emir independiente ‘Abd al-Rahman I y tras asentar su poder y acabar con los enemigos que le quedaban en al-Andalus, ordena construir una nueva Mezquita, previo pago a los cristianos de su mitad de la basílica.

En otro fragmento, esta vez escrito por el historiador árabe *Ibn ‘Idārī* en su obra *al-Bayan al-Mugrib o Exposición curiosa relativa al resumen de las noticias de los reyes de al-Andalus y del Magreb* y recopilado por (Arjona Castro, 1982),

786 [agosto, 31]

«En el año 170 referido mandó echar los cimientos (“ta`sis”) el emir Abd al-Rahmān de la Mezquita Aljama en la capital de Córdoba, y había en su lugar una iglesia (“kanisa”) y gastó en ello cien mil talentos».

Ibn ‘Idārī ‘Bayan II, p. 58 del texto árabe.

Otra versión escrita por el mismo historiador acerca del mismo suceso,

«... ‘Abd al-Rahmān al-Dajil dio comienzo al derribo de la iglesia y a la edificación de la aljama en el año 169 [785-786]. Su construcción, una vez completadas sus naves (“Balat”) y cerrados sus muros, terminó en el año 170 (Hégira) [786-787] y todo se completó en el espacio de un año. Se dice que la suma que gastó el imán ‘Abd al-Rahmān en la construcción de la aljama fue de ochenta mil monedas de buen peso. Y por eso dijo al-Balawi (Dios se apiade de él):

[Tavil]

Por el amor de Dios, gastó ochenta mil piezas de oro y de plata en una mezquita que tiene por fundamento la piedad y sirve para la práctica de la religión predicada por Muhammad.»

En ambos textos se puede leer como se cita la antigua iglesia de San Vicente. Pero es en el texto dado por el historiador *al-Makkarī* donde se nos cuenta toda la historia acerca de dicha iglesia desde la conquista árabe, como en un principio se compartió el uso de la basílica, y como, tras el aumento de la población árabe, el emir ‘Abd al-Rahmān I mandó destruirla para iniciar la construcción de la mezquita aljama.

«Dice textualmente (Ibn Sa’id) en el *Mugrib*, seguida de su descripción de la aljama de Córdoba: Me he apoyado, para lo que traslado en este capítulo, en el libro de Ibn Bashkuwāl, el cual, citando la autoridad de al-Rāzī, se ha ocupado del asunto con la más completa solicitud y hace inútil consultar otros textos.

Al conquistar los musulmanes al-Andalus ajustaron su conducta a los que hicieron en Siria Abu’ Ubayda ben al-‘Yarrah y Jalid ben al-Walid, con el beneplácito del Príncipe de los Creyentes ‘Umar, cuando expropiaron a los cristianos rendidos por capitulación la mitad de toda iglesia que poseían, como, por ejemplo, la iglesia de Damasco y otras. Del mismo modo, los musulmanes expropiaron a los cristianos (“aḡam/s”) la mitad de la iglesia mayor que estaba dentro de la medina de Córdoba, bajo el muro, y a la que llamaban Shant Binjant, y edificaron en aquella mitad una mezquita aljama, quedando la otra mitad en poder de los cristianos, a los que les fueron demolidas las restantes iglesias de la capital de Córdoba.

Se contentaron los musulmanes con lo que poseían, hasta que se acrecentó su número, aumentó la población de Córdoba y se aposentaron en ella los príncipes árabes; aquella mezquita les resultó entonces insuficiente y dedicáronse a colgar en ella tribuna tras tribuna donde estaban con la cabeza baja, hasta que supuso para la gente un penoso trabajo entrar en la Gran Mezquita y a causa de la contigüidad, insuficiencia de puertas y lo bajo del abovedado del techo de aquellas tribunas (“saqā’if”), pues estaba éste tan cercano al piso que a la mayoría les era imposible ponerse de pie.

No cambió esta situación hasta que ‘Abd al-Rahmān ben Mu’āwiya al-Marwāni entró en al-Andalus, se apoderó de su imperio y habitó en Córdoba, sede de su gobierno, la cual adquirió con él usos y costumbres de las grandes urbes. Se interesó por el asunto de la aljama, cuidándose de ensancharla y de perfeccionar su construcción. Convocó a su presencia a los cristianos más principales y les exigió la venta de la parte que poseían de la iglesia, pegada a la aljama, para incorporarla a ésta, remunerándoles por ello espléndidamente, en cumplimiento del pacto por el cual habían capitulado.

En un principio rehusaron vender lo que poseían, pero muy instados cedieron, pidiendo se les permitiera la reedificación de aquellas iglesias de las afueras de la medina que les habían sido demolidas, tras lo cual dejaron libre a los musulmanes la mitad que se les reclamaba. Así terminó el asunto el año 168.»

Al-Maqqari, Analectes I, 368, (Al-Andalus VII (2).

Dice Rodrigo de Toledo L.C. “Anno autem Arabum CLXIX caepit Cordubensem Mezquitam aedificare ut praerogativa opere omnes Mezquitas Arabum superaret.”¹ (Ibn Idari, 1860).

3.1.4.3. Delimitación del estudio

La mezquita fue construida en sólo 10 meses (Nieto Cumplido, 2007). Está formada por 9 naves paralelas, cuya anchura varía, siendo la nave central la mayor con unas dimensiones de 7,85 metros, y las naves extremas las menores, con unas dimensiones de 5,35 metros. En total este sector tiene unas dimensiones interiores de 73,78 metros de anchura y una longitud de 38,05 metros (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).

Consta de un total de 130 columnas, sin contar aquellas ubicadas en el muro Norte de entrada desde el patio. Cada columna está formada por cuatro partes, cimacio, capitel, fuste y basa, todos ellos reaprovechados de edificios romanos y visigodos previos a la conquista islámica.

Dichas columnas sustentan un sistema de arquerías con una mezcla de arcos de herradura y arcos de medio punto que a su vez sustentan las cubiertas y sirven de acueductos para la evacuación del agua de lluvia. En este sistema, los arcos de herradura sirven de riostra para evitar el desplazamiento lateral de la carga. Mientras que los arcos de medio punto que los coronan son los encargados de repartir las cargas directamente a las columnas y su cimentación.

El estudio estadístico propuesto se centrará en estudiar este sector, si bien, las 130 columnas no se encuentran en su sitio originario debido a la construcción del Crucero en el siglo XVI, y a diversas modificaciones en Capillas. Incluido el desplome de parte del muro Norte y parte de dos hiladas de columnas al Patio en el siglo XV (Nieto Cumplido, 2007).

No obstante, se estudiarán todas las columnas que se encuentran en el sector a excepción de las ubicadas en el muro norte propiamente dicho. En la Figura 1.33 se muestra la zona en estudio y las columnas analizadas. La designación de las columnas se hará haciendo uso de la UC, (Unidad Constructiva) a la cual pertenece, seguido de su número EL, (Elemento). De forma que todas y cada una de ellas tienen una nomenclatura distinta que facilitará su localización tanto en plano, como en el catálogo llevado a cabo.

¹ En el año 169 de los árabes comenzaron a construir la Mezquita de Córdoba trabajo que superaba todas las mezquitas árabes.

Serán documentadas y analizadas posteriormente mediante estadística 130 columnas. Para ello se llevará a cabo un levantamiento topográfico y fotogramétrico de todas las columnas. Posteriormente, se tomarán todas las medidas sobre los modelos tridimensionales y se confeccionarán las tablas para el estudio estadístico de cada una de las cuatro partes que conforman la columna, haciendo uso también del estudio ya llevado a cabo por Peña (Peña Jurado, 2010).

Una vez construidas las tablas de variables con todos los datos medidos se llevará a cabo el estudio estadístico multivariante, el análisis de conglomerados o clúster y se analizarán los resultados obtenidos.

3.1.4.4. Metodología

Levantamiento topográfico

Con el objetivo de llevar a cabo un levantamiento tridimensional de todas las columnas mediante el uso de fotogrametría, es necesario llevar a cabo un levantamiento topográfico previo a la toma de fotografías.

Para ello se llevó a cabo un levantamiento mediante el uso de una estación TOPCON GTS 226. Debido a la gran cantidad de columnas, contrafuertes, y capillas, fueron necesarios un total de quince estacionamientos para cubrir por completo el sector de 'Abd al-Rahman I.

Para poder georeferenciar correctamente cada una de las columnas en estudio, es necesario contar con al menos tres puntos de control en torno a la columna, de forma que sean fácilmente identificables posteriormente a través del software. Por este motivo en total se tomaron más de 500 puntos de control solamente en este sector, Figura 1.34.

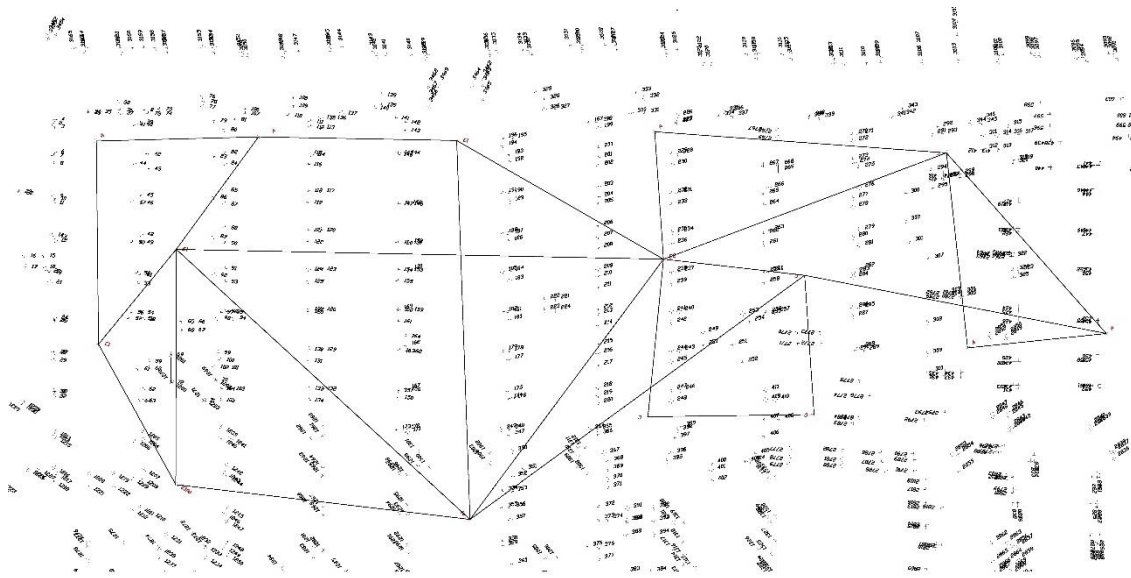


Figura 1.34. Levantamiento topográfico del sector y triangulación de las estaciones

Las triangulaciones, aunque complejas debido a la gran cantidad de columnas y contrafuertes, se hicieron siempre con los mayores ángulos posibles para evitar errores, comprobando siempre la medición con respecto a los puntos tomados en el estacionamiento anterior. De esta forma, garantizamos que el error fuese mínimo durante todo el levantamiento.

Levantamiento fotogramétrico de las columnas

Con la intención de obtener los modelos tridimensionales de cada una de las columnas que formarán parte del estudio estadístico, se llevó a cabo un levantamiento fotogramétrico de cada una de ellas.

La técnica de fotogrametría, Structured from Motion, ha avanzado mucho en los últimos años, permitiendo este avance el abaratamiento de las cámaras digitales y el aumento en la potencia de los equipos informáticos (Aparicio, 2015). Para obtener un estado de la cuestión más profundo acerca de la fotogrametría remitimos al lector al Capítulo 3.5 de la tesis.

La cámara utilizada fue una Nikon D3200 con 24,2 Mpxels, la cual porta un sensor CMOS de 23,2 mm x 15,4 mm. Como objetivo se escogió un AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR (Nikon, 2017), fijando en 24mm la distancia focal. Todas las fotografías fueron tomadas respetando un solape mínimo del 60% y con una variación entre fotografías de 15° aproximadamente. Tras haber fotografiado 130 columnas, se ha llegado a una metodología de trabajo a la hora de tomar las fotografías que facilita el cálculo posterior en el software y reduce los errores.

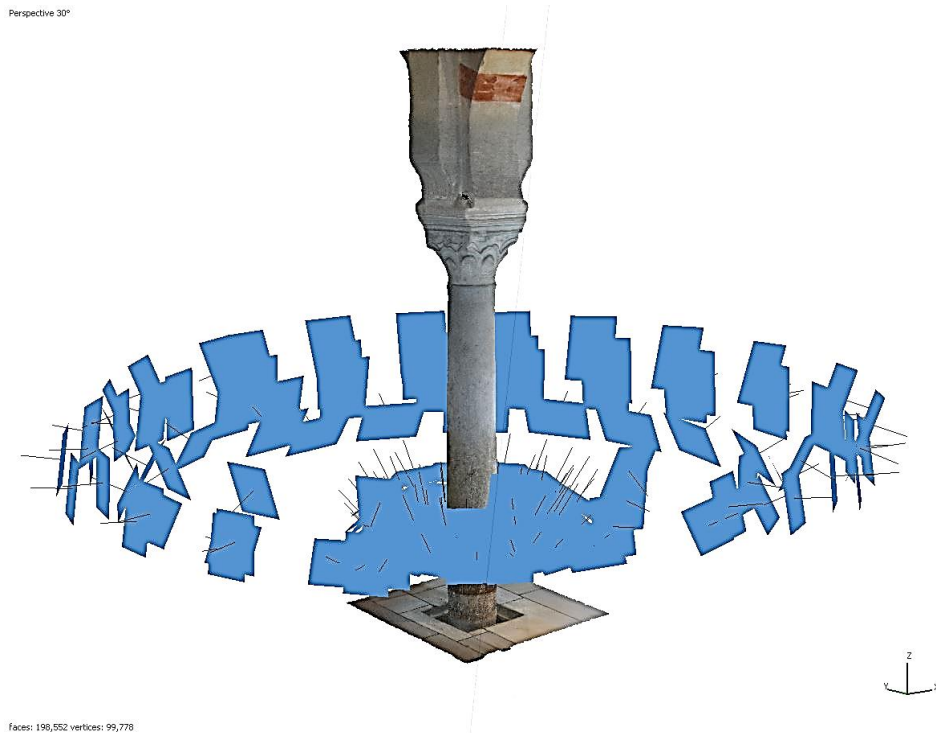


Figura 1.35. Toma de fotografías para el levantamiento de la columna UC22-EL5. Se tomaron un total de 105 fotografías.

Para el levantamiento de cada columna se necesitaron entre 100 y 120 fotografías. Tomando en total para el levantamiento de las 130 columnas 15851 fotografías, las cuales tienen un peso total de 174,4 Gb, o lo que sería igual a 37 DVD. El procedimiento consiste en tomar las fotografías formando una hélice en torno a la columna, de forma que se fotografiará la zona inferior girando en torno a la columna a un mismo nivel y posteriormente se irá girando y fotografiando la columna formando una hélice, Figura 1.35. Evitando de esta forma fotografiar la columna a lo largo de su longitud desde las mismas ubicaciones.

Cada columna fue posteriormente calculada independientemente haciendo uso del software comercial Agisoft Photoscan (AP) (Agisoft, 2017). Para ello se introdujeron las 120 fotos de cada columna, y se calculó la orientación, nube de puntos dispersa, nube de puntos densa, malla y textura, Figura 1.36 y Figura 1.37. Se decidió trabajar con Agisoft Photoscan debido a la estabilidad y precisión ya demostrada en otros trabajos, véase Capítulo 3.4, Capítulo 3.5, Capítulo 3.6 y Capítulo 3.7.



Figura 1.36. Nube de puntos dispersa y nube de puntos densa calculada con Agisoft Photoscan de la columna UC18-EL7.

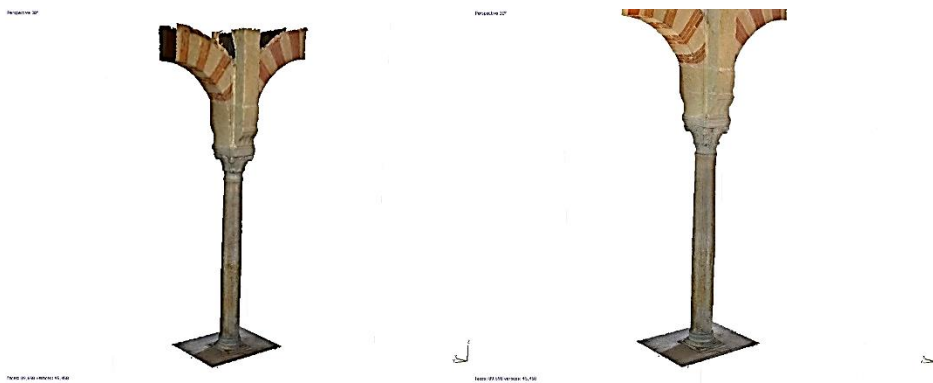


Figura 1.37. Mallado de la nube de puntos densa y malla con textura calculadas con Agisoft Photoscan de la columna UC18-EL7.

Éste procesamiento se llevó a cabo en un equipo informático con un procesador Intel Xeon E5-1620v2 3,7 GHz, 32 Gb DDR3, 1x NVIDIA Quadro Kepler K4000 3Gb GDDR5. El tiempo total de procesamiento con Agisoft Photoscan para cada una de las 130 columnas fue aproximadamente de 91 minutos, lo que sería aproximadamente 198 horas para calcular las 130 columnas, sin tener en cuenta el tiempo de toma de fotografías. Las columnas han sido exportadas en formato .obj con su textura y alojadas en la web Sketchfab, (Sketchfab, 2017), QR “Columna UC18-EL7”,

(<https://sketchfab.com/models/578901192dab4b75bf7d9c39e3f7bc52>).



Columna UC18-EL7-
Sketchfab

Medición de las columnas

Para la medición de cada columna se hizo uso del modelo tridimensional fotogramétrico generado. Para ello se generaron las ortofotografías de cada columna en las dos direcciones principales del edificio. Para cada columna se exportaron las ortofotos de sus alzados en dirección Norte-Sur y en dirección Este-Oeste, además de la ortofoto de planta a nivel de basa.

De esta forma se generaron un total de 390 ortofotografías sobre las que realizar las mediciones necesarias. En las Figuras 1.38, 1.39, 1.40, 1.41 y 1.42 se muestran las medidas tomadas en cada una de las cuatro partes que conforman cada columna.

Cimacio²

Para cada uno de los cimacios analizados han sido tomadas cinco medidas en sus caras Norte-Sur y Este-Oeste. Se midieron sus dimensiones más importantes como son, su altura (Alt. Cim.), y su longitud máxima y mínima, (L. max. – L. min.), Figura 1.38. De esta forma se han obtenido las dimensiones características de cada cimacio que, junto con su estilo, material y época (Peña Jurado, 2010) nos servirán para la elaboración de las tablas de variables y su posterior análisis.

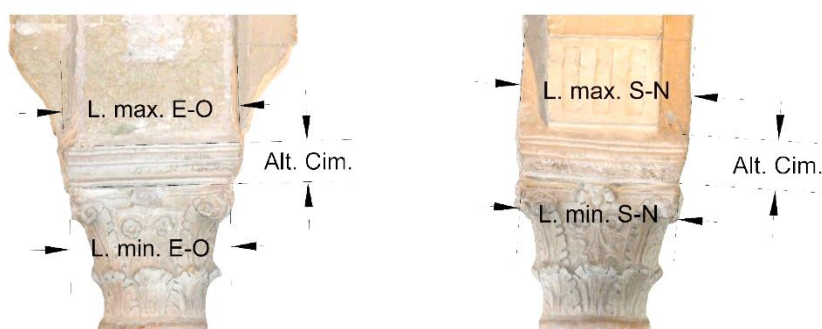


Figura 1.38. Mediciones realizadas para cada uno de los cimacios analizados. Ejemplo con el cimacio de la columna UC18-EL7.

Todas las dimensiones tomadas se han realizado manteniendo una perfecta alineación y perpendicularidad con respecto a las superficies medidas.

Capitel³

La medición de los capiteles es más simple ya que solo son necesarias tres mediciones. En primer lugar, su altura (Alt. Cap.), que al igual que en los cimacios fue tomada de forma perpendicular y alineada con respecto a las superficies de cada capitel. En segundo lugar, su diámetro inferior, (D. inf.) y, por último, la anchura superior del mismo, (Anc. Sup.), aunque en este caso fue medida también en los otros cuatro lados para comprobar que la medición es correcta, Figura 1.39.

² Elemento suelto que va sobre el capitel y sirve para aumentar el plano superior de apoyo (RAE, 2018).

³ Parte superior de una columna o de una pilastra, que la corona con forma de moldura y ornamentación, según el orden arquitectónico a que corresponde (RAE, 2018).

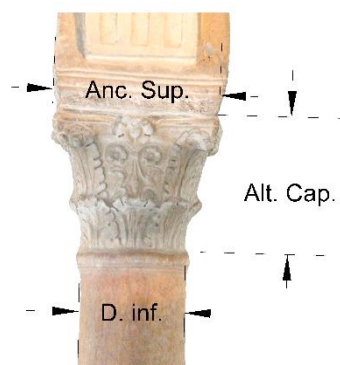


Figura 1.39. Mediciones realizadas para cada uno de los capiteles analizados. Ejemplo con el capitel de la columna UC18-EL7.

*Fuste*⁴

Para la correcta medición de los fustes fue necesario realizar un mayor número de medidas. En primer lugar, los fustes están divididos en tres partes. La zona inferior, o imoscapo, es un pequeño saliente que suele servir de decoración del fuste, puede existir, no existir, o haber sido cortado. La zona central del fuste es la segunda parte, en ella el diámetro de la columna varía de distinta forma, pudiendo el diámetro aumentar y disminuir a lo largo de la misma. Por último, la superior, es el sumoscapo, al igual que el imoscapo es un pequeño saliente que sirve de decoración y es el asiento del capitel.

Para contar con el mayor número de medidas posibles en el posterior estudio estadístico se llevaron a cabo las siguientes medidas sobre cada uno de los fustes. En su zona inferior se ha medido el diámetro del imoscapo (D. Imo) y la altura del imoscapo, (Alt. Imo), Figura 1.40. De la zona central han sido medidos el diámetro inferior, (D. inf.), el diámetro a 1 metro de la base del fuste, (D. 1m), el diámetro a 2 metros de la base del fuste, (D. 2m) y el diámetro superior del fuste, antes de comenzar el sumoscapo (D. Sup.), Figura 1.40. Por otro lado, en la zona superior ha sido medido el diámetro del sumoscapo (D. Sum) y la altura del sumoscapo (Alt. Sum.).

Por último, ha sido medida también la altura completa del Fuste, (Alt. Fuste), así como los ángulos de inclinación que tiene la columna con respecto a la vertical. Ángulos debidos a una incorrecta cimentación, movimientos sísmicos y asentamiento de las cargas del edificio tras su construcción. Los ángulos han sido medidos en sentido Norte-Sur y Este-Oeste, (° N-S, ° E-W), Figura 1.40, siendo los ángulos positivos aquellos inclinados hacia el norte y el este, y los ángulos negativos los inclinados en sentido sur y oeste. Es decir, aquella columna con un ángulo positivo en su sentido N-S, estará inclinada hacia el norte, mientras que si su ángulo es negativo estará inclinada hacia el sur.

⁴ Parte de la columna que media entre el capitel y la basa (RAE, 2018).

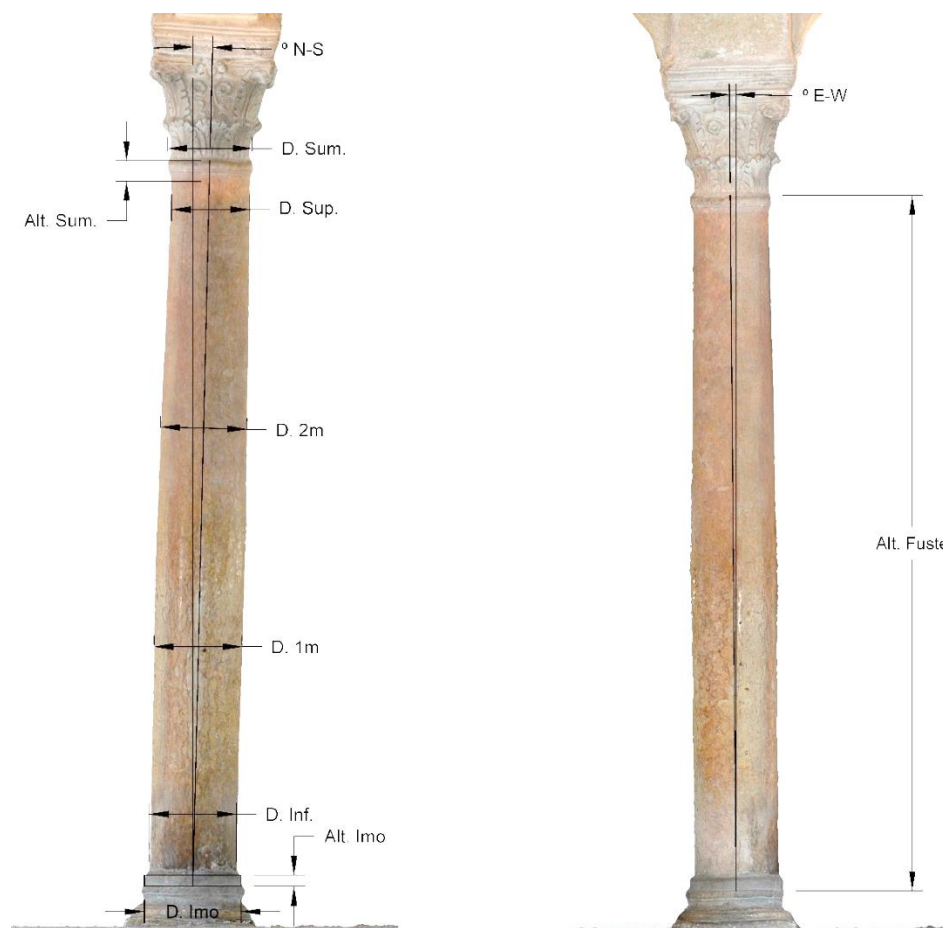


Figura 1.40. Mediciones realizadas para cada uno de los fustes analizados. Ejemplo con el fuste de la columna UC18-EL7.

Basa⁵

En primer lugar, hay que destacar que no todas las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman I cuentan con basa visible. En el estudio serán medidas todas aquellas basas que se encuentran visibles en la actualidad, así como aquellas que se encuentran bajo las protecciones de metacrilato para evitar accidentes con el turismo.

Para describir cada una de las basas se han realizado las siguientes medidas. La altura de la basa, (Alt. Basa) y la altura del plinto inferior de la misma en caso de existir o no encontrarse enterrado, (Alt. Plinto). Además, se han medido los diámetros máximos, (D. Max.), diámetros mínimos, (D. Inf.) y los diámetros del toroide superior, (D. T. Sup.), Figura 1.41. Finalmente, se ha medido también la anchura de cada una de las basas teniendo en cuenta su plinto, Figura 1.42.

⁵ Pieza inferior sobre la que se apoya el fuste de la columna en todos los órdenes arquitectónicos excepto en el dórico (RAE, 2018).

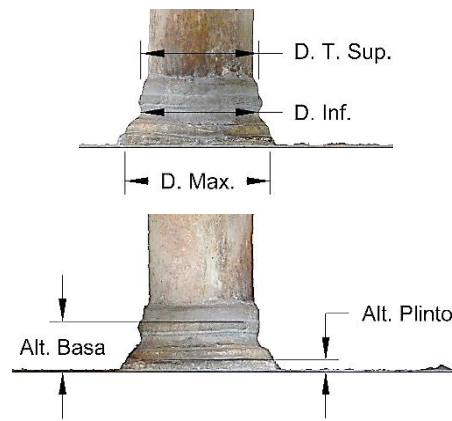


Figura 1.41. Mediciones realizadas para cada una de las basas analizadas. Ejemplo con la basa de la columna UC18-EL7.

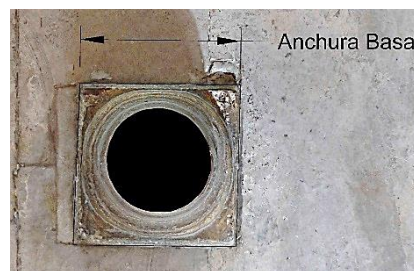


Figura 1.42. Mediciones realizadas para cada una de las basas analizadas. Ejemplo con la basa de la columna UC18-EL7.

Tablas de variables estadísticas

Con las medidas de cada una de las partes, (Cimacio, Capitel, Fuste y Basa), que conforman cada columna se han generado las tablas de variables necesarias para el posterior análisis estadístico.

A continuación, se muestran las Tablas, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12 y 1.13 con **las medidas en metros** de cada columna y cada variable. Para facilitar su lectura cada hilada de columnas o Unidad Constructiva (UC), ha sido coloreada con un tono distinto. Además, las tablas de variables de los fustes y de las basas han sido divididas en dos partes debido a la gran cantidad de datos de cada una de las piezas.

Los huecos en blanco que pueden observarse en las tablas de variables son debidos a dos posibles razones, la primera es una falta de dato debido a que no existe la pieza o parte de ella. Por ejemplo, hay columnas a las que les falta la basa, o fustes que no tienen imoscapo. La segunda razón es que la variable no haya podido ser medida debido a que no se encuentre completa, o se encuentre dañada. Por ejemplo, las columnas extremas de cada hilada se encuentran encastradas dentro de los pilares o contrafuertes, no pudiendo medirse el ángulo de inclinación.

Cimacios - Tabla de variables.

CIMACIOS								
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>								
Ref.	Alt. Cim.	L. max. S-N	L. min. S-N	L. max. E-O	L. min. E-O	Estilo	Material	Época
UC14-EL1	0,178			0,845	0,706	Moldurado	Caliza Negra	Tardoantigua
UC14-EL2	0,176	0,685	0,544			Liso	Indeterminado	Tardoantigua
UC14-EL3	0,21	0,716	0,551			Liso	Indeterminado	Tardoantigua
UC14-EL4	0,182	0,636	0,521	0,551		Moldurado	Indeterminado	Tardoantigua
UC14-EL5	0,18	0,62	0,52	0,6	0,55	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC14-EL6	0,298	0,745	0,648	0,647	0,556	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC14-EL7	0,19	0,675	0,467	0,571	0,457	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC14-EL8	0,246	0,636	0,468	0,645	0,513	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC14-EL9	0,283	0,66	0,553	0,647	0,556	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC14-EL10	0,188	0,663	0,481	0,553	0,48	Liso	Indeterminado	Tardoantigua
UC15-EL1	0,147			0,596	0,465	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL2	0,202	0,71	0,583	0,728	0,552	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL3	0,193	0,645	0,495	0,705	0,612	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL4	0,183	0,677	0,561	0,747	0,592	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL5	0,201	0,672	0,54	0,737	0,552	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL6	0,181			0,613	0,568	Moldurado	Caliza Negra	Tardoantigua
UC15-EL7	0,13			0,765	0,594	Moldurado	Caliza Negra	Tardoantigua
UC15-EL8	0,189	0,657	0,474	0,566	0,41	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL9	0,281	0,592	0,488	0,531	0,461	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL10	0,163	0,666	0,45	0,549	0,434	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC15-EL11	0,184			0,557	0,471	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL1	0,196			0,622	0,493	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL2	0,217	0,672	0,539	0,745	0,608	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL3	0,16	0,624	0,514	0,718	0,586	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL4	0,138	0,671	0,591	0,663	0,586	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL5	0,25	0,671	0,566	0,732	0,588	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL6	0,152			0,517	0,409	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL7	0,209			0,526	0,346	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC16-EL8	0,134	0,555	0,457	0,651	0,516	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL9	0,164	0,577	0,48	0,55	0,517	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL10	0,197	0,677	0,534	0,671	0,551	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL11	0,175	0,587	0,511	0,573	0,494	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC16-EL12	0,175	0,584	0,426	0,595	0,475	Moldurado	Caliza	Tardoantigua

UC17-EL1	0,171			0,593	0,534	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL2	0,14	0,703	0,452	0,63	0,462	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL3	0,1934	0,725	0,568	0,72	0,594	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL4	0,113	0,664	0,571	0,638	0,55	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL5	0,181	0,64	0,559	0,646	0,553	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL6	0,144	0,648	0,466	0,672	0,56	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL7	0,244	0,67	0,462	0,653	0,457	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL8	0,153	0,663	0,47	0,615	0,394	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL9	0,216	0,611	0,565	0,616	0,554	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL10	0,184	0,702	0,457	0,553	0,423	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL11	0,127	0,7	0,514	0,61	0,467	Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC17-EL12	0,168	0,623	0,507	0,618	0,501	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL1	0,2			0,638	0,53	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL2	0,147	0,629	0,548	0,683	0,54	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL3	0,28	0,654	0,446	0,552	0,42	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL4	0,187	0,68	0,432	0,555	0,451	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL5	0,181	0,656	0,475	0,575	0,456	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL6	0,239	0,598	0,513	0,572	0,469	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL7	0,158	0,589	0,547	0,626	0,572	Moldurado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC18-EL8	0,136	0,588	0,475	0,718	0,559	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL9	0,201			0,668	0,637	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL10	0,256	0,813	0,508			Liso	Mármol blanco	Tardoantigua
UC18-EL11	0,128			0,587	0,462	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL12	0,094	0,764	0,647	0,796	0,636	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL13	0,13	0,596	0,503	0,615	0,445	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL14	0,264			0,58	0,54	Cruciforme	Caliza Negra	Califal
UC19-EL1	0,196			0,594	0,496	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL2	0,16	0,718	0,666	0,646	0,599	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL3	0,166	0,632	0,51	0,596	0,524	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL4	0,16	0,694	0,479	0,531	0,425	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC19-EL5	0,178	0,638	0,464	0,482	0,424	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL6	0,159	0,621	0,534	0,592	0,504	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL7	0,198	0,636	0,537	0,583	0,486	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL8	0,168	0,646	0,571	0,568	0,531	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL9	0,176			0,638	0,593	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL10	0,244	0,796	0,533			Liso	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL11	0,237	0,689	0,532			Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL12	0,17			0,587	0,464	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC19-EL13	0,163	0,724	0,581	0,784	0,634	Moldurado	Caliza	Tardoantigua

UC19-EL14	0,119	0,769	0,714	0,808	0,707	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL15	0,267			0,716	0,506	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL1	0,227			0,734	0,673	Moldurado	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL2	0,144	0,61	0,431	0,62	0,451	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL3	0,168	0,682	0,568	0,745	0,616	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL4	0,189	0,593	0,538	0,718	0,672	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL5	0,146	0,702	0,478	0,621	0,444	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL6	0,218	0,613	0,459	0,594	0,411	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL7	0,219	0,654	0,517	0,653	0,547	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL8	0,175	0,665	0,44	0,664	0,426	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL9	0,143			0,625	0,46	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL10	0,213	0,665	0,41			Liso	Caliza Negra	Tardoantigua
UC20-EL11	0,273	0,669	0,535			Liso	Caliza Negra	Tardoantigua
UC20-EL12	0,172			0,546	0,396	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL13	0,19	0,794	0,568	0,608	0,517	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL14	0,161	0,628	0,528	0,622	0,51	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL15	0,174			0,63	0,452	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL1	0,115			0,565	0,477	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL2	0,15	0,71	0,547	0,616	0,535	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL3	0,215	0,623	0,517	0,631	0,465	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL4	0,159	0,635	0,442	0,548	0,443	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL5	0,195	0,685	0,461	0,675	0,45	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL6	0,218	0,687	0,544	0,683	0,53	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL7	0,22	0,578	0,473	0,623	0,456	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL8	0,217	0,65	0,572	0,691	0,558	Moldurado	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL9	0,198			0,686	0,508	Moldurado	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL10	0,233	0,736	0,548			Cruciforme	Caliza Negra	Califal
UC21-EL11	0,239	0,703				Liso	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL12								
UC21-EL13	0,194			0,559	0,434	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL14	0,172	0,675	0,481	0,588	0,465	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL15	0,145	0,68	0,56	0,65	0,554	Decorado	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL16	0,182			0,629	0,509	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL1	0,167			0,606	0,55	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL2	0,238	0,635	0,576	0,636	0,55	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL3	0,216	0,657	0,597	0,647	0,536	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL4	0,195	0,775	0,54	0,768	0,518	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL5	0,219	0,658	0,586	0,66	0,542	Moldurado	Caliza	Tardoantigua

UC22-EL6	0,217			0,608	0,48	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL7								
UC22-EL8	0,246	0,666				Liso	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL9	0,169	0,692	0,578			Liso		Tardoantigua
UC22-EL10	0,245			0,652	0,6	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL11	0,217	0,74	0,575	0,75	0,58	Moldurado		Tardoantigua
UC22-EL12	0,169	0,664	0,554	0,666	0,553	Moldurado		Tardoantigua
UC22-EL13						Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC23-EL1	0,304			0,696	0,594	Moldurado	Caliza Gris	Tardoantigua
UC23-EL2	0,234	0,753	0,618	0,574	0,522	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL3						Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL4	0,167	0,694	0,561	0,592	0,55	Decorado	Mármol blanco	Tardoantigua
UC23-EL5	0,188	0,694	0,565	0,596	0,498	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC23-EL6	0,207	0,745	0,659	0,78	0,604			
UC23-EL7	0,162	0,713	0,435	0,603	0,5	Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC23-EL8	0,212	0,724	0,475	0,607	0,404	Liso	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL9	0,306			0,601	0,601	Moldurado	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL10	0,165	0,704	0,538			Liso		Tardoantigua
UC23-EL11	0,152	0,697	0,572			Liso		Tardoantigua
UC23-EL12	0,179	0,69	0,494			Liso	Mármol Blanco	Tardoantigua

Tabla 1.8. Tabla de variables de los cimacios.

Capiteles - Tabla de variables.

CAPITELES						
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>						
Ref.	Alt. Cap.	D. Inf.	Anc. Sup.	Estilo Capitel	Material	Época
UC14-EL1	0,502	0,445	0,74	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC14-EL2	0,503	0,4	0,545	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC14-EL3	0,526	0,338	0,511	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC14-EL4	0,425	0,36	0,511	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC14-EL5	0,56	0,41	0,55	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC14-EL6	0,573	0,51	0,418	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC14-EL7	0,548	0,385		Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC14-EL8	0,401	0,348	0,466	Compuesto de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC14-EL9	0,451	0,415	0,553	Compuesto de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC14-EL10	0,554	0,387	0,7	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL1	0,516	0,358	0,597	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL2	0,419	0,327	0,506	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL3	0,367	0,335	0,47	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC15-EL4	0,386	0,342	0,565	Compuesto	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL5	0,486	0,355	0,623	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL6	0,471	0,388	0,457	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC15-EL7	0,461	0,346	0,551	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL8	0,44	0,352	0,494	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL9	0,571	0,341	0,637	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC15-EL10	0,442	0,324	0,448	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC15-EL11	0,41	0,319	0,524	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL1	0,456	0,321	0,533	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC16-EL2	0,484	0,385	0,536	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC16-EL3	0,449	0,348	0,534	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC16-EL4	0,432	0,406	0,671	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC16-EL5	0,44	0,417	0,533	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC16-EL6	0,454	0,336	0,518	Corintio de hojas lisas	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL7	0,418	0,305	0,523	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL8	0,394	0,336	0,584	Compuesto	Mármol Blanco	Adrianea
UC16-EL9	0,393	0,318	0,491	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL10	0,487	0,358	0,589	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL11	0,434	0,352	0,538	Compuesto	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC16-EL12	0,445	0,348	0,553	Compuesto	Mármol Blanco	Adrianea
UC17-EL1	0,514	0,324	0,559	Corintio	Mármol blanco	Tardoantigua

UC17-EL2	0,475	0,362	0,45	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC17-EL3	0,342	0,35	0,52	Corintizante	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL4	0,522	0,336	0,593	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC17-EL5	0,441	0,321	0,53	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC17-EL6	0,368	0,342	0,584	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC17-EL7	0,376	0,331	0,512	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC17-EL8	0,462	0,322	0,594	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC17-EL9	0,434	0,331	0,554	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC17-EL10	0,467	0,356	0,581	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC17-EL11	0,461	0,34	0,562	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC17-EL12	0,463	0,34	0,567	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC18-EL1	0,484	0,367	0,522	Corintizante	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL2	0,456	0,354	0,548	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC18-EL3	0,482	0,346	0,484	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL4	0,56	0,375	0,655	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC18-EL5	0,381	0,353	0,453	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL6	0,53	0,354	0,534	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL7	0,477	0,36	0,574	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC18-EL8	0,592	0,367	0,565	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Califal
UC18-EL9	0,501	0,389	0,618	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC18-EL10	0,517	0,351	0,581	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC18-EL11	0,427	0,33	0,536	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC18-EL12	0,498	0,403	0,628	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC18-EL13	0,496	0,338	0,53	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC18-EL14	0,601	0,398	0,542	Corintio	Caliza	Adrianea
UC19-EL1	0,477	0,385	0,498	Corintizante	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL2	0,401	0,372	0,474	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL3	0,436	0,395	0,493	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL4	0,459	0,334	0,582	Corintio	Caliza	Adrianea
UC19-EL5	0,396	0,389	0,472	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL6	0,627	0,366	0,562	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL7	0,498	0,357	0,584	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC19-EL8	0,522	0,382	0,523	Corintio de hojas lisas	Mármol Blanco	Califal
UC19-EL9	0,482	0,337	0,624	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC19-EL10	0,49	0,369	0,662	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL11	0,468	0,392	0,6	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC19-EL12	0,501	0,362	0,579	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC19-EL13	0,483	0,387	0,632	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC19-EL14	0,515	0,352	0,6	Corintio	Caliza	Tardoantigua

UC19-EL15	0,506	0,335	0,518	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL1	0,485	0,367	0,51	Corintizante	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL2	0,423	0,337	0,548	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL3	0,42	0,351	0,461	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC20-EL4	0,446	0,32	0,511	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC20-EL5	0,49	0,327	0,552	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL6	0,38	0,302	0,544	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL7	0,467	0,346	0,503	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL8	0,478	0,357	0,517	Compuesto de hojas lisas	Mármol Blanco	Califal
UC20-EL9	0,422	0,31	0,527	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC20-EL10	0,467	0,363	0,564	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL11	0,495	0,382	0,528	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL12	0,418	0,304	0,51	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC20-EL13	0,428	0,335	0,559	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC20-EL14	0,421	0,34	0,557	Corintio	Caliza	Adrianea
UC20-EL15	0,458	0,383	0,525	Corintizante		Emiral
UC21-EL1	0,461	0,352	0,568	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC21-EL2	0,512	0,406	0,576	Corintio asiático	Mármol Blanco	Severiana
UC21-EL3	0,383	0,35	0,44	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL4	0,43	0,355	0,586	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL5	0,375	0,381	0,433	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL6	0,39	0,307	0,515	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL7	0,396	0,346	0,44	Corintio de hojas lisas	Caliza	Tardoantigua
UC21-EL8	0,428	0,34	0,512	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC21-EL9	0,446	0,333	0,526	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL10	0,494	0,348	0,575	Compuesto	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL11	0,463		0,678	Compuesto	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL12	0,4805	0,459	0,615	Corintio	Caliza	XVI
UC21-EL13	0,368	0,367	0,429	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL14	0,395	0,36	0,566	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL15	0,382	0,351	0,566	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC21-EL16	0,462	0,323	0,498	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL1	0,481	0,356	0,611	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC22-EL2	0,438	0,306	0,52	Corintio	Caliza	Adrianea
UC22-EL3	0,421	0,326	0,55	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC22-EL4	0,443	0,346	0,522	Corintio	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL5	0,412	0,388	0,548	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL6	0,422	0,303	0,53	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea

UC22-EL7				Corintio		XVI
UC22-EL8				Corintio asiático	Mármol Blanco	Severiana
UC22-EL9	0,416	0,347	0,563	Corintio	Caliza	Adrianea
UC22-EL10	0,494	0,354	0,542	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC22-EL11	0,435	0,399	0,603	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC22-EL12	0,551	0,386	0,643	Corintio	Mármol Blanco	Adrianea
UC22-EL13				Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL1	0,547	0,62	0,362	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC23-EL2	0,482	0,371	0,62	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL3				Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL4	0,436	0,326	0,536	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL5	0,481	0,366	0,63	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL6	0,37	0,326	0,459	Corintizante	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL7	0,343	0,373	0,546	Corintio	Mármol Blanco	Julio-Claudia
UC23-EL8	0,467	0,354	0,486	Corintizante	Mármol Blanco	Adrianea
UC23-EL9	0,456	0,292	0,576	Corintio	Caliza	Julio-Claudia
UC23-EL10	0,425	0,383	0,588	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL11	0,461	0,335	0,494	Corintio	Caliza	Tardoantigua
UC23-EL12	0,458	0,366	0,551	Corintio	Caliza	Julio-Claudia

Tabla 1.9. Tabla de variables de los capiteles.

Fustes - Tabla de variables.

FUSTES (1ª Parte)									
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>									
Ref.	D. Imo.	Alt. Imo.	D. Inf.	D. 1 m.	D. 2m.	D. Sup.	D. Sum.	Alt. Sum.	Alt. Fuste
UC14-EL1	0,476	0,125	0,443	0,445	0,423	0,398	0,41	0,074	2,798
UC14-EL2			0,466	0,452	0,421	0,396	0,43	0,089	2,884
UC14-EL3		0,099		0,395	0,375				2,887
UC14-EL4									
UC14-EL5			0,455	0,457	0,428	0,411	0,451	0,107	2,793
UC14-EL6									2,743
UC14-EL7			0,415	0,427	0,415	0,388	0,416	0,082	2,967
UC14-EL8	0,409	0,041	0,39	0,404	0,364	0,342			3,144
UC14-EL9			0,436	0,421	0,404	0,39	0,413	0,081	2,951
UC14-EL10			0,387	0,394	0,366	0,387	0,391	0,068	2,866
UC15-EL1	0,446	0,073	0,391	0,3665	0,3506	0,325	0,358	0,08	3,002
UC15-EL2	0,377	0,077	0,364	0,37	0,359	0,332	0,366	0,087	2,939
UC15-EL3			0,41	0,415	0,397	0,38	0,405	0,08	3,08
UC15-EL4			0,416	0,422	0,401	0,372	0,419	0,095	3,011
UC15-EL5	0,456	0,07	0,436	0,439	0,431	0,405			2,838
UC15-EL6			0,439	0,419	0,395	0,374	0,388	0,069	2,81
UC15-EL7			0,393	0,403	0,396	0,366	0,389	0,099	3,09
UC15-EL8	0,399	0,051	0,363	0,369	0,349	0,323	0,366	0,069	2,951
UC15-EL9	0,385	0,06	0,359	0,359	0,347	0,314	0,3355	0,064	2,656
UC15-EL10	0,412	0,056	0,4	0,385	0,372	0,356	0,381	0,08	2,98
UC15-EL11	0,397	0,0247	0,388	0,408	0,407	0,384			3,028
UC16-EL1	0,394	0,089	0,372	0,377	0,352				2,481
UC16-EL2			0,447	0,442	0,427	0,393	0,427	0,093	3,044
UC16-EL3			0,466	0,463	0,427	0,385			3,094
UC16-EL4			0,431	0,423	0,421	0,402	0,452	0,093	3,169
UC16-EL5			0,431	0,433	0,411	0,382	0,427	0,072	3,117
UC16-EL6	0,379	0,085	0,354	0,367	0,345				2,499
UC16-EL7	0,42	0,046	0,379	0,375	0,358	0,335	0,37	0,067	2,918
UC16-EL8	0,403	0,06	0,377	0,381	0,368	0,34	0,372	0,076	2,971
UC16-EL9	0,398	0,055	0,366	0,366	0,349	0,324	0,364	0,082	3,017
UC16-EL10	0,428	0,038	0,382	0,369	0,353	0,334	0,354	0,072	2,908
UC16-EL11	0,391	0,04	0,364	0,367	0,355	0,346	0,379	0,073	2,984
UC16-EL12	0,396	0,0578	0,367	0,36	0,347	0,327	0,359	0,057	2,957
UC17-EL1	0,413	0,092	0,379	0,381	0,366	0,3422	0,385	0,068	3,048

UC17-EL2	0,421	0,05	0,362	0,366	0,36	0,335	0,365	0,064	3
UC17-EL3	0,435	0,047	0,386	0,374	0,36	0,344	0,369	0,062	3,131
UC17-EL4	0,417	0,042	0,392	0,382	0,359	0,337	0,365	0,072	2,999
UC17-EL5	0,413	0,069	0,382	0,38	0,379	0,352	0,376	0,068	3,02
UC17-EL6	0,411	0,048	0,363	0,373	0,358	0,334	0,359	0,077	2,963
UC17-EL7	0,432	0,035	0,384	0,375	0,354	0,336	0,365	0,075	3,01
UC17-EL8	0,405	0,041	0,369	0,376	0,353	0,339	0,369	0,079	2,978
UC17-EL9	0,416	0,038	0,374	0,373	0,355	0,332	0,367	0,077	2,977
UC17-EL10	0,418	0,035	0,361	0,373	0,358	0,331	0,38	0,082	2,921
UC17-EL11	0,402	0,055	0,373	0,375	0,363	0,343	0,36	0,061	3,095
UC17-EL12	0,403	0,046	0,373	0,373	0,358	0,328	0,358	0,064	2,975
UC18-EL1			0,456	0,47	0,46	0,402	0,43	0,083	3,41
UC18-EL2			0,432	0,42	0,402	0,363	0,394	0,098	3,21
UC18-EL3	0,422	0,054	0,407	0,414	0,397	0,368	0,414	0,107	3,267
UC18-EL4	0,44	0,061	0,43	0,43	0,408	0,375	0,43	0,107	3,237
UC18-EL5			0,428	0,406	0,395	0,365	0,407	0,088	3,318
UC18-EL6	0,304	0,031	0,369	0,37	0,36	0,33	0,367	0,06	2,993
UC18-EL7	0,446	0,517	0,404	0,407	0,399	0,362	0,361	0,095	3,343
UC18-EL8	0,434	0,048	0,401	0,402	0,397	0,369	0,395	0,084	3,295
UC18-EL9			0,436	0,43	0,417	0,384	0,412	0,089	3,284
UC18-EL10			0,493	0,478	0,455	0,389	0,432	0,089	3,837
UC18-EL11	0,42	0,06	0,416	0,422	0,419	0,38	0,435	0,099	3,552
UC18-EL12	0,456	0,081	0,432	0,439	0,427	0,38	0,431	0,096	3,377
UC18-EL13	0,433	0,046	0,395	0,397	0,39	0,372	0,398	0,078	3,265
UC18-EL14									
UC19-EL1			0,476	0,461	0,449	0,407	0,461	0,127	3,128
UC19-EL2	0,443	0,062	0,419	0,422	0,403	0,377	0,414	0,081	3,295
UC19-EL3	0,438	0,064	0,426	0,427	0,41	0,374	0,427	0,093	3,298
UC19-EL4	0,414	0,124	0,403	0,41	0,397	0,376	0,417	0,116	3,282
UC19-EL5	0,449	0,07	0,436	0,43	0,404	0,379	0,401	0,076	3,328
UC19-EL6	0,429	0,036	0,387	0,373	0,365	0,34	0,382	0,067	3,037
UC19-EL7	0,448	0,048	0,409	0,404	0,398	0,363	0,396	0,096	3,325
UC19-EL8	0,456	0,077	0,425	0,418	0,406	0,381	0,411	0,081	3,247
UC19-EL9			0,429	0,414	0,399	0,383	0,418	0,088	3,108
UC19-EL10	0,473	0,08	0,454	0,428	0,427	0,379	0,408	0,073	3,568
UC19-EL11			0,44	0,445	0,435	0,395	0,435	0,09	3,375
UC19-EL12			0,408	0,397	0,384	0,364	0,404	0,097	3,131
UC19-EL13	0,464	0,087	0,434	0,439	0,423	0,382	0,4	0,057	3,32
UC19-EL14	0,423	0,065	0,409	0,426	0,4233	0,395	0,435	0,116	3,33

UC19-EL15				0,389	0,37	0,358	0,368	0,058	2,85
UC20-EL1	0,41	0,048	0,376	0,37	0,352	0,341	0,366	0,06	2,949
UC20-EL2	0,407	0,039	0,38	0,37	0,369	0,35	0,369	0,063	3,016
UC20-EL3	0,407	0,042	0,364	0,363	0,348	0,336	0,362	0,069	2,991
UC20-EL4	0,419	0,047	0,37	0,367	0,352	0,333	0,392	0,093	2,823
UC20-EL5	0,396	0,063	0,374	0,378	0,363	0,335	0,36	0,068	2,91
UC20-EL6	0,427	0,045	0,375	0,373	0,36	0,341	0,363	0,084	3,08
UC20-EL7	0,437	0,045	0,377	0,372	0,352	0,327	0,373	0,088	2,93
UC20-EL8	0,401	0,052	0,377	0,371	0,359	0,334	0,37	0,07	2,966
UC20-EL9	0,414	0,053	0,364	0,355	0,344	0,343	0,364	0,063	2,963
UC20-EL10	0,472	0,0536	0,447	0,457	0,448	0,365	0,423	0,094	3,4
UC20-EL11			0,434	0,435	0,409	0,369	0,401	0,077	3,231
UC20-EL12			0,366	0,354	0,316	0,294	0,294	0,075	2,72
UC20-EL13	0,431	0,054	0,388	0,39	0,38	0,347	0,358	0,067	2,997
UC20-EL14			0,435	0,421	0,404	0,373	0,404	0,091	2,998
UC20-EL15		0,123		0,422	0,399	0,348	0,405	0,091	2,88
UC21-EL1			0,337	0,339	0,313	0,295	0,345	0,097	2,758
UC21-EL2			0,424	0,427	0,405	0,391	0,441	0,091	2,992
UC21-EL3	0,407	0,049	0,369	0,371	0,352	0,336	0,363	0,085	2,954
UC21-EL4	0,467	0,072	0,413	0,426	0,396	0,356	0,39	0,079	2,943
UC21-EL5	0,406	0,066	0,379	0,38	0,376	0,376	0,38	0,06	3,008
UC21-EL6	0,416	0,04	0,374	0,352	0,341	0,337	0,355	0,062	3,045
UC21-EL7	0,436	0,04	0,379	0,378	0,368	0,345	0,372	0,079	2,877
UC21-EL8	0,419	0,053	0,388	0,385	0,384	0,348			2,999
UC21-EL9	0,425	0,063	0,371	0,365	0,347	0,317	0,336	0,06	3,006
UC21-EL10			0,422	0,421	0,404	0,38	0,409	0,079	3,281
UC21-EL11									
UC21-EL12			0,499	0,488	0,473	0,459	0,538	0,113	3,322
UC21-EL13			0,378	0,377	0,349	0,332	0,357	0,066	2,81
UC21-EL14			0,402	0,393	0,373	0,368	0,4	0,106	2,768
UC21-EL15			0,363	0,386	0,369	0,341	0,367	0,06	2,884
UC21-EL16		0,07		0,382	0,365	0,348	0,366	0,058	2,767
UC22-EL1			0,413	0,414	0,389	0,357	0,383	0,081	2,94
UC22-EL2			0,376	0,379	0,372	0,355	0,392	0,093	2,89
UC22-EL3			0,434	0,425	0,395	0,359	0,384	0,08	2,97
UC22-EL4			0,427	0,428	0,408	0,39	0,43	0,097	3,05
UC22-EL5			0,402	0,417	0,406	0,377	0,408	0,086	2,99
UC22-EL6			0,389	0,398	0,368	0,348	0,379	0,082	2,75

UC22-EL7			0,486	0,486	0,468	0,457	0,525	0,11	3,24
UC22-EL8									
UC22-EL9			0,429	0,424	0,409	0,392	0,431	0,072	3,14
UC22-EL10			0,346	0,367	0,345	0,328	0,355	0,065	2,42
UC22-EL11			0,437	0,432	0,411	0,402	0,452	0,11	2,66
UC22-EL12			0,445	0,438	0,419	0,415	0,428	0,045	2,53
UC22-EL13									
UC23-EL1			0,408	0,413	0,396	0,372	0,395	0,085	2,42
UC23-EL2			0,381	0,38	0,37	0,348	0,389	0,085	2,943
UC23-EL3									
UC23-EL4	0,348	0,049	0,345	0,349	0,336	0,31	0,343	0,071	2,974
UC23-EL5	0,36	0,054	0,324	0,353	0,326	0,31	0,35	0,056	2,588
UC23-EL6	0,368	0,041	0,362	0,35	0,327	0,31	0,336	0,081	2,656
UC23-EL7	0,451	0,352	0,426	0,418	0,401	0,391	0,412	0,105	3,06
UC23-EL8			0,367	0,374	0,36	0,327	0,368	0,075	2,988
UC23-EL9	0,319	0,046	0,319	0,335	0,323	0,3	0,316	0,055	2,72
UC23-EL10			0,413	0,427	0,422	0,378	0,403	0,074	3,21
UC23-EL11			0,397	0,42	0,418	0,377	0,438	0,082	3,425
UC23-EL12									

Tabla 1.10. Tabla de variables de los capiteles – 1ª Parte.

FUSTES (2ª Parte)					
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>					
Ref.	° N(+) - S(-)	° E(+) - O(-)	Estilo	Material	Época
UC14-EL1			Liso	Breccia Roja	Califal
UC14-EL2			Liso	Granito Gris	Imperial
UC14-EL3			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC14-EL4			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC14-EL5	0,59	1,586	Liso	Granito de la Tróade	Imperial
UC14-EL6			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC14-EL7	0,63	1,087	Liso	Granito Gris	Imperial
UC14-EL8	0,782	-0,918	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC14-EL9	0	-0,208	Liso	Granito Gris	Imperial
UC14-EL10	0,592	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL1	1,228	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL2	0	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL3	0	0,43	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL4	0,99	-1,11	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL5	0,44	-1,07	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL6	-0,61	-0,522	Liso	Caliza Negra	Califal
UC15-EL7	1,113	-1,06	Liso	Granito Gris	Imperial
UC15-EL8	0,392	-1,307	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC15-EL9	1,554	-0,441	Liso	Granito Gris	Imperial
UC15-EL10	0,215	-1,404	Liso	Granito Gris	Imperial
UC15-EL11	0,979	-0,615	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC16-EL1	0,892	0	Liso	Breccia Roja	Califal
UC16-EL2	0,772	0,381	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC16-EL3	0	0	Liso	Granito Gris	Imperial
UC16-EL4	0	-0,224	Liso	Granito Gris	Imperial
UC16-EL5	1,106	0,318	Liso	Granito Gris	Imperial
UC16-EL6	-0,395	0	Liso	Breccia Roja	Califal
UC16-EL7	1,083	0,389	Liso	Granito Gris	Imperial
UC16-EL8	0,89	-1,448	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC16-EL9	0,984	-0,869	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC16-EL10	0,789	-1,217	Liso	Granito Gris	Imperial
UC16-EL11	0,601	-0,132	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC16-EL12	0,35	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL1		0,253	Liso	Granito Gris	Imperial

UC17-EL2	1,372	0,45	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL3	1,29	-1,22	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL4	1,807	-1,432	Liso	Granito Gris	Imperial
UC17-EL5	1,06	-1,97	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL6	0,741	-2,01	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL7	1,175	-2,277	Liso	Granito Gris	Imperial
UC17-EL8	1,218	-1,179	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL9	1,135	-1,68	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC17-EL10	0,685	-1,466	Liso	Granito Gris	Imperial
UC17-EL11	0,418	-0,921	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC17-EL12	0	-0,662	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC18-EL1	1,35	0,262	Liso	Granito Gris	Imperial
UC18-EL2	0,871	1,328	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL3	1,57	0,491	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL4	1,283	-0,59	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL5	1,142	-0,21	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL6	1,499	-1,052	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL7	1,351	0,494	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL8	1,641	-0,714	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL9	1,472	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL10	0,52		Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC18-EL11	1,76	0,259	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL12	0,936	0,396	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC18-EL13	0,317	0,248	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC18-EL14			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL1	0	0	Liso	Granito Gris	Imperial
UC19-EL2	1,487	-0,277	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL3	1,834	-0,551	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL4	1,432	-0,309	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL5	1,171	-0,18	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL6	1,875	0,69	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL7	1,032	-0,836	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL8	1,69	-1,014	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL9	-0,308	-1,199	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL10	0,37		Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL11	0,78		Liso	Breccia Amarilla	Imperial
UC19-EL12	0	-0,714	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL13	0,453	-0,778	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC19-EL14	-0,53	-0,701	Liso	Lumachella carnina	Imperial

UC19-EL15			Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC20-EL1	3,18	0,93	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL2	2,06	-0,32	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL3	2,4	0,9	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL4	1,86	0,82	Liso	Granito Gris	Imperial
UC20-EL5	0,94	0,09	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL6	1,43	-0,14	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL7	0,56	-0,2	Liso	Granito Gris	Imperial
UC20-EL8	1,67	-0,26	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL9	0,65	0,54	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC20-EL10			Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC20-EL11			Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC20-EL12	-0,24	0,98	Liso	Granito Gris	Imperial
UC20-EL13	0,53	0,1	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC20-EL14	0,11	-0,37	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC20-EL15			Liso	Granito de la Tróade	Imperial
UC21-EL1	3,44	-0,47	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC21-EL2	1,78	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC21-EL3	1,49	0,51	Helicoidal izq-der	Lumachella carnina	Imperial
UC21-EL4	1,48	1,37	Liso	Granito de la Tróade	Imperial
UC21-EL5	1,21	1,21	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC21-EL6	1,29	1,25	Helicoidal der-izq	Mármol de Estremoz	Imperial
UC21-EL7	1,08	-0,27	Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC21-EL8	0,98	0,35	Liso	Caliza Oscura	Romana
UC21-EL9		0,82	Acanalado	Mármol de Estremoz	Imperial
UC21-EL10			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC21-EL11			Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC21-EL12			Liso	Granito Sardo	Imperial
UC21-EL13	-1	-0,84	Liso	Granito Gris	Imperial
UC21-EL14	-0,15	-0,32	Liso	Breccia Coralina	Imperial
UC21-EL15	0,18	-0,28	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC21-EL16			Liso	Caliza Violácea	Califal
UC22-EL1	2,76	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL2	1,94	0,99	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL3	0,871	1,45	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL4	1,26	0,558	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL5	0,934	0,515	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL6	1,89	1,08	Liso	Lumachella carnina	Imperial

UC22-EL7			Liso	Granito Sardo	Imperial
UC22-EL8					
UC22-EL9			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL10	0,71	-0,51	Liso	Granito Gris	Imperial
UC22-EL11	-0,411	-0,125	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC22-EL12	-0,214	-0,457	Liso	Caliza Violácea	Califal
UC22-EL13			Liso	Caliza Violeta-Verdoso	Califal
UC23-EL1			Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC23-EL2	2,25	1,55	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC23-EL3			Helicoidal izq-der	Mármol Nero Antico	Imperial
UC23-EL4	0	-0,7	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC23-EL5	1,3	-1,91	Liso	Granito Gris	Imperial
UC23-EL6	0,37	-0,56	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC23-EL7	-0,56	-0,35	Liso	Caliza Negra	Califal
UC23-EL8	0,61	0	Liso	Lumachella carnina	Imperial
UC23-EL9		0	Acanalado	Mármol de Estremoz	Imperial
UC23-EL10			Liso	Mármol Azul-Verdoso	Imperial
UC23-EL11			Liso	Mármol de Estremoz	Imperial
UC23-EL12			Liso	Lumachella carnina	Imperial

Tabla 1.11. Tabla de variables de los capiteles – 2ª Parte.

Basas - Tabla de variables.

BASAS (1ª Parte)						
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>						
Ref.	Alt. Basa	Alt. Plinto	D. máx.	D. mín.	D. T. Sup.	Anc. Basa
UC14-EL1						
UC14-EL2						
UC14-EL3						
UC14-EL4						
UC14-EL5						
UC14-EL6						
UC14-EL7	0,175		0,598	0,43		0,615
UC14-EL8	0,074		0,566			0,57
UC14-EL9	0,178		0,686			0,61
UC14-EL10	0,144		0,617			
UC15-EL1	0,1		0,489		0,441	0,528
UC15-EL2	0,154		0,498	0,428	0,454	0,517
UC15-EL3	0,175		0,566	0,463	0,463	0,59
UC15-EL4	0,163		0,618	0,476	0,498	0,641
UC15-EL5	0,32		0,571	0,465	0,468	0,64
UC15-EL6	0,249		0,663	0,545	0,545	0,743
UC15-EL7	0,217		0,568	0,434	0,434	
UC15-EL8	0,23		0,533	0,428	0,456	0,545
UC15-EL9	0,306		0,586	0,451	0,463	0,595
UC15-EL10	0,2376		0,529	0,454	0,457	0,544
UC15-EL11	0,315		0,527	0,409	0,477	0,521
UC16-EL1						
UC16-EL2						
UC16-EL3						
UC16-EL4						
UC16-EL5						
UC16-EL6	0,23	0,076	0,434		0,356	0,44
UC16-EL7	0,236	0,075	0,594	0,464	0,495	0,6
UC16-EL8	0,266	0,071	0,54	0,397	0,457	0,543
UC16-EL9	0,25	0,038	0,544	0,404	0,47	0,547
UC16-EL10	0,277	0,067	0,509	0,418	0,478	0,503
UC16-EL11	0,196	0,063	0,561	0,475	0,478	0,59
UC16-EL12	0,218	0,059	0,552	0,444	0,449	0,559
UC17-EL1						

UC17-EL2	0,16		0,599	0,473	0,505	0,593
UC17-EL3	0,177	0,035	0,588	0,477	0,477	0,576
UC17-EL4	0,214		0,562	0,452	0,476	0,63
UC17-EL5	0,242	0,087	0,546	0,424	0,448	0,578
UC17-EL6	0,207	0,073	0,552	0,431	0,448	0,56
UC17-EL7	0,254	0,08	0,593	0,466	0,511	0,611
UC17-EL8	0,212	0,067	0,559	0,427	0,453	0,564
UC17-EL9	0,207	0,068	0,554	0,438	0,453	0,556
UC17-EL10	0,182	0,047	0,553	0,425	0,435	0,582
UC17-EL11	0,255	0,086	0,598	0,446	0,474	0,612
UC17-EL12	0,192	0,046	0,574	0,435	0,454	0,601
UC18-EL1						
UC18-EL2						
UC18-EL3	0,178		0,61	0,465	0,5	0,598
UC18-EL4	0,164		0,564	0,462	0,485	0,568
UC18-EL5	0,283		0,659	0,531	0,539	0,649
UC18-EL6	0,245	0,078	0,578	0,462	0,478	0,613
UC18-EL7	0,19	0,041	0,573	0,45	0,477	0,612
UC18-EL8	0,14	0,03	0,536	0,488	0,487	0,551
UC18-EL9	0,193	0,053	0,608	0,498	0,5	0,63
UC18-EL10						
UC18-EL11						
UC18-EL12	0,172		0,674	0,503	0,538	0,676
UC18-EL13	0,166		0,564		0,494	0,574
UC18-EL14						
UC19-EL1						
UC19-EL2	0,126		0,543	0,466	0,472	0,538
UC19-EL3	0,171	0,043	0,528	0,456	0,477	0,591
UC19-EL4	0,155		0,514	0,423	0,443	0,535
UC19-EL5	0,23		0,63	0,51	0,553	0,667
UC19-EL6	0,175	0,029	0,558	0,488	0,487	0,555
UC19-EL7	0,161		0,632	0,52	0,536	0,652
UC19-EL8	0,153		0,543	0,459	0,464	0,567
UC19-EL9	0,237	0,083	0,599	0,488	0,525	0,594
UC19-EL10	0,201		0,715	0,507	0,563	
UC19-EL11						
UC19-EL12						
UC19-EL13	0,211	0,046	0,65	0,418	0,495	0,678
UC19-EL14	0,242	0,049	0,608	0,425	0,444	0,633

UC19-EL15						
UC20-EL1	0,224	0,036	0,68		0,57	0,685
UC20-EL2	0,135		0,545	0,436	0,43	0,567
UC20-EL3	0,142		0,574	0,465	0,482	0,593
UC20-EL4	0,133		0,546	0,433	0,45	0,542
UC20-EL5	0,142		0,557	0,418	0,455	0,548
UC20-EL6	0,166		0,572	0,482	0,518	0,596
UC20-EL7	0,198		0,649	0,464	0,491	0,661
UC20-EL8	0,142		0,553	0,423	0,437	0,553
UC20-EL9	0,178	0,028	0,579		0,461	0,602
UC20-EL10						
UC20-EL11						
UC20-EL12						
UC20-EL13	0,212	0,068	0,527	0,429	0,457	0,537
UC20-EL14	0,278	0,097	0,592	0,458	0,51	0,605
UC20-EL15						
UC21-EL1	0,146		0,507		0,442	0,541
UC21-EL2	0,135		0,581	0,48	0,488	0,589
UC21-EL3	0,159		0,566	0,428	0,476	0,555
UC21-EL4	0,163		0,579	0,481	0,496	0,617
UC21-EL5	0,167		0,546	0,454	0,452	0,557
UC21-EL6	0,148		0,528	0,434	0,443	0,557
UC21-EL7	0,197		0,525	0,436	0,471	0,533
UC21-EL8	0,167		0,523	0,436	0,472	0,518
UC21-EL9	0,167		0,546		0,458	0,55
UC21-EL10						
UC21-EL11						
UC21-EL12						
UC21-EL13						
UC21-EL14						
UC21-EL15						
UC21-EL16			0,449		0,405	
UC22-EL1	0,148		0,63		0,542	0,694
UC22-EL2	0,149		0,536		0,44	0,602
UC22-EL3	0,175		0,537	0,45	0,477	0,646
UC22-EL4	0,175		0,588	0,458	0,486	0,611
UC22-EL5	0,146		0,54	0,426	0,459	0,624
UC22-EL6	0,145		0,59		0,483	

UC22-EL7						
UC22-EL8						
UC22-EL9	0,234	0,05	0,477	0,42	0,434	0,498
UC22-EL10						
UC22-EL11						
UC22-EL12						
UC22-EL13						
UC23-EL1	0,233		0,68		0,546	0,697
UC23-EL2	0,14		0,538	0,434	0,465	
UC23-EL3						
UC23-EL4	0,13		0,533		0,433	
UC23-EL5	0,21		0,513		0,395	
UC23-EL6	0,171		0,44	0,391	0,371	
UC23-EL7	0,21		0,626		0,544	
UC23-EL8	0,16		0,57		0,465	
UC23-EL9	0,13		0,51		0,42	
UC23-EL10	0,234	0,06	0,448	0,392	0,413	0,462
UC23-EL11						
UC23-EL12						

Tabla 1.12. Tabla de variables de las Basas – 1ª Parte.

BASAS (2ª Parte)			
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>			
Ref.	Estilo	Material	Época
UC14-EL1			
UC14-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC14-EL3	Ática Lisa	Caliza	III d.C.
UC14-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC14-EL5			
UC14-EL6	Ática Lisa	Caliza	I d.C.
UC14-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC14-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC14-EL9	Compuesta Lisa	Mármol Blanco	I d.C.
UC14-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC15-EL1	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC15-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	I d.C.
UC15-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC15-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC15-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC15-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC15-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC15-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC15-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC15-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC15-EL11	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC16-EL1			
UC16-EL2			
UC16-EL3			
UC16-EL4			
UC16-EL5			
UC16-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC16-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC16-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC16-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC16-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	I d.C.
UC16-EL11	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC16-EL12	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL1			

UC17-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC17-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC17-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL11	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC17-EL12	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL1			
UC18-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC18-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC18-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC18-EL10			
UC18-EL11	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC18-EL12	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC18-EL13	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC18-EL14			
UC19-EL1			
UC19-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC19-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	III d.C.
UC19-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC19-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC19-EL11			
UC19-EL12			
UC19-EL13	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC19-EL14	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua

UC19-EL15			
UC20-EL1	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC20-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	II d.C.
UC20-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	I-II d.C.
UC20-EL10			
UC20-EL11			
UC20-EL12			
UC20-EL13	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL14	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC20-EL15			
UC21-EL1	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL7	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL8	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC21-EL10			
UC21-EL11			
UC21-EL12			
UC21-EL13			
UC21-EL14			
UC21-EL15			
UC21-EL16	Ática Lisa	Mármol Blanco	Califal
UC22-EL1	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL2	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL3	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL4	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL5	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL6	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua

UC22-EL7			
UC22-EL8			
UC22-EL9	Ática Lisa	Mármol Blanco	Tardoantigua
UC22-EL10			
UC22-EL11			
UC22-EL12			
UC22-EL13			
UC23-EL1			
UC23-EL2			
UC23-EL3			
UC23-EL4			
UC23-EL5			
UC23-EL6			
UC23-EL7			
UC23-EL8			
UC23-EL9			
UC23-EL10	Ática Lisa	Mármol Blanco	Califal
UC23-EL11			
UC23-EL12			

Tabla 1.13. Tabla de variables de las Basas – 2ª Parte.

Análisis Estadísticos

Al igual que se ha estudiado en el apartado anterior del presente capítulo, una vez confeccionadas las tablas de variables se procederá a realizar un estudio multivariante de las variables y un análisis de normalidad y homocedasticidad de las mismas.

Una vez comprobado que las variables cumplen ambos requisitos se llevó a cabo un análisis de conglomerados para estudiar de esta forma el agrupamiento de las distintas partes, de forma que podamos conocer cuáles de ellas provenían de un mismo edificio.

3.1.4.5. Resultados del Clúster de Cimacios

El número total de cimacios estudiados en el estadístico ha sido de 123 casos, los siete casos que faltan corresponden a aquellos cimacios que no han podido ser medidos en su totalidad debido a su ubicación, y, por tanto, han sido descartados del análisis.

Análisis descriptivo de las variables en estudio.

Altura

Como se muestra en la Tabla 1.14, la curtosis de la variable Altura es 0.355 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el cimacio con mayor y menor altura.

Media	0.1894
95% de intervalo de confianza	0.1819
	0.1969
Mediana	0.182
Desviación estándar	0.4196
Mínimo	0.09
Máximo	0.31
Curtosis	0.355

Tabla 1.14. Análisis descriptivo de la variable altura de los cimacios.

La Gráfica 1.3 muestra los datos y la recta normal esperada. Los datos se ajustan a dicha recta, demostrando que pertenecen a una distribución normal.

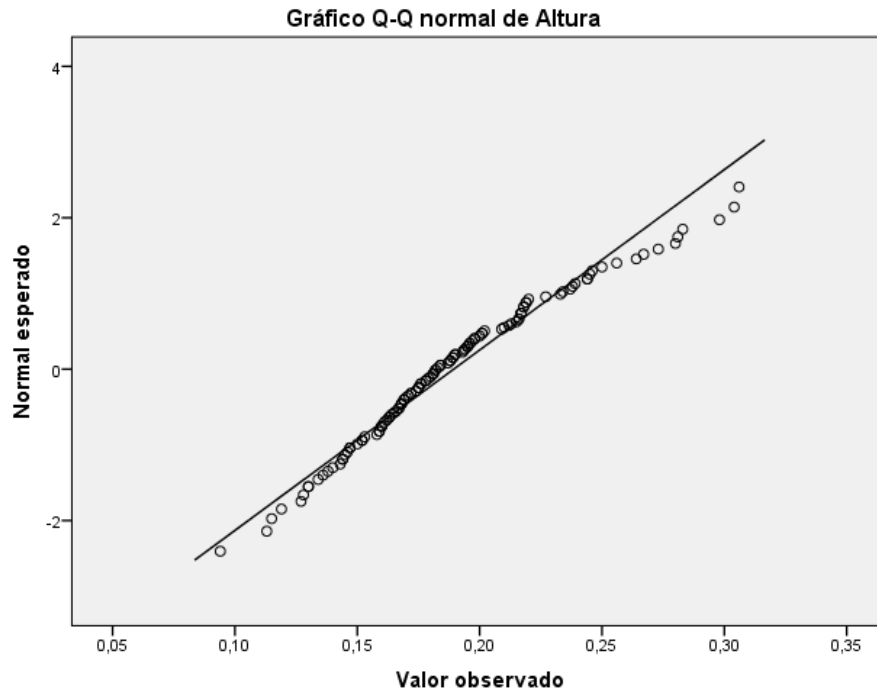


Gráfico 1.3. Gráfico Q-Q normal de la variable Altura de los cimacios.

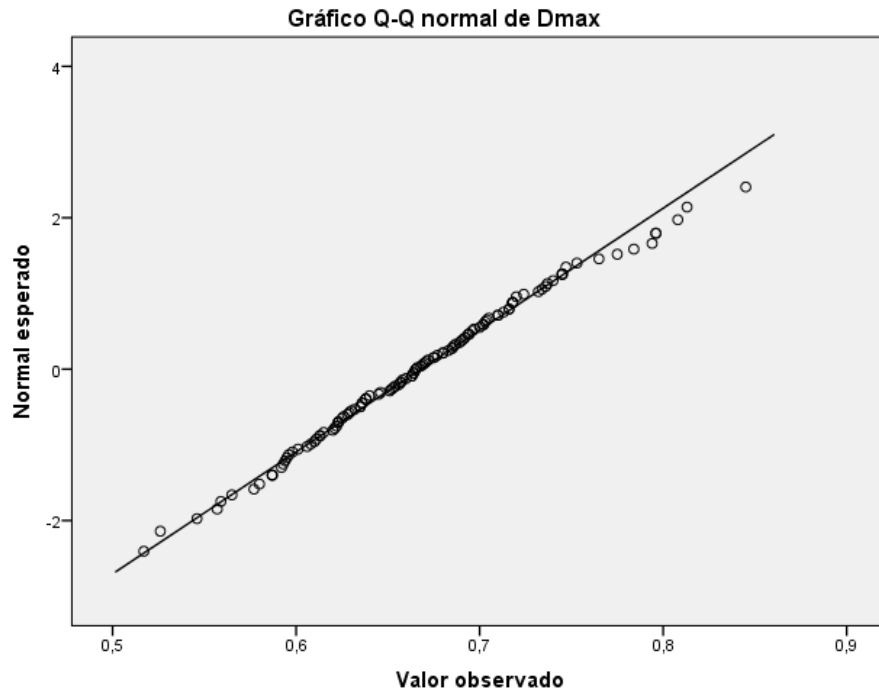
Longitud máxima

En la Tabla 1.15, la curtosis de la variable Longitud máxima es 0.112 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ siendo una variable normal. Se muestra además la media, así como el cimacio con mayor y menor longitud máxima.

Media	0.6679
95% de intervalo de confianza	0.6569
	0.679
Mediana	0.665
Desviación estándar	0.062
Mínimo	0.52
Máximo	0.85
Curtosis	0.112

Tabla 1.15. Análisis descriptivo de la variable longitud máxima de los cimacios.

En la Gráfica 1.4 se muestra como los datos se ajustan a la recta normal esperada.



Gráfica 1.4. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Máxima de los cimacios.

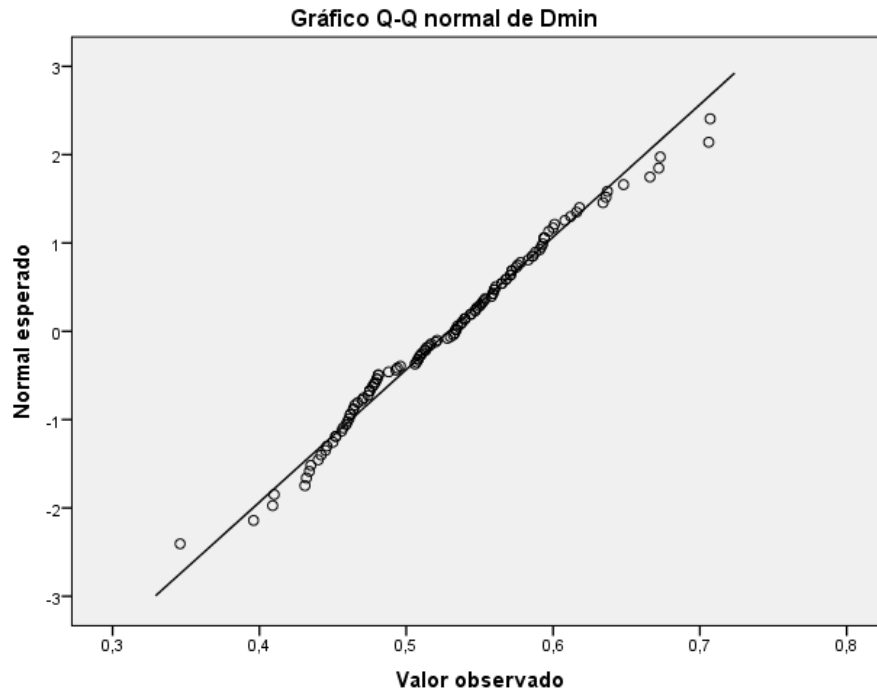
Longitud mínima

En la Tabla 1.16, la curtosis de la variable Longitud máxima es 0.022 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el cimacio con mayor y menor longitud mínima.

Media	0.5289
95% de intervalo de confianza	0.517
	0.5408
Mediana	0.534
Desviación estándar	0.666
Mínimo	0.35
Máximo	0.71
Curtosis	0.022

Tabla 1.16. Análisis descriptivo de la variable longitud mínima de los cimacios.

La Gráfica 1.5 muestra al igual que las anteriores la normalidad de la variable longitud mínima.



Gráfica 1.5. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Mínima de los cimacios.

Las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk realizadas para cada variable fueron satisfactorias siendo las tres variables normales.

3.1.4.6. Resultados del Clúster de Capiteles

El número total de capiteles analizados en el estadístico asciende a 126 casos, los capiteles que faltan con respecto a las medidas recopiladas corresponden a aquellos capiteles que no han podido ser medidos en su totalidad, y, por tanto, han sido descartados.

Análisis descriptivo de las variables en estudio.

Altura (Alt)

Como se muestra en la Tabla 1.18, la curtosis de la variable Altura es -0.254 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como al altura mayor y menor.

Media	0.4594
95% de intervalo de confianza	0.4498 0.4691
Mediana	0.46
Desviación estándar	0.0547
Mínimo	0.34
Máximo	0.63
Curtosis	0.254

Tabla 1.18. Análisis descriptivo de la variable altura de los capiteles.

La Gráfica 1.6 muestra los datos y la recta normal esperada. Los datos se ajustan a dicha recta, demostrando que pertenecen a una distribución normal.

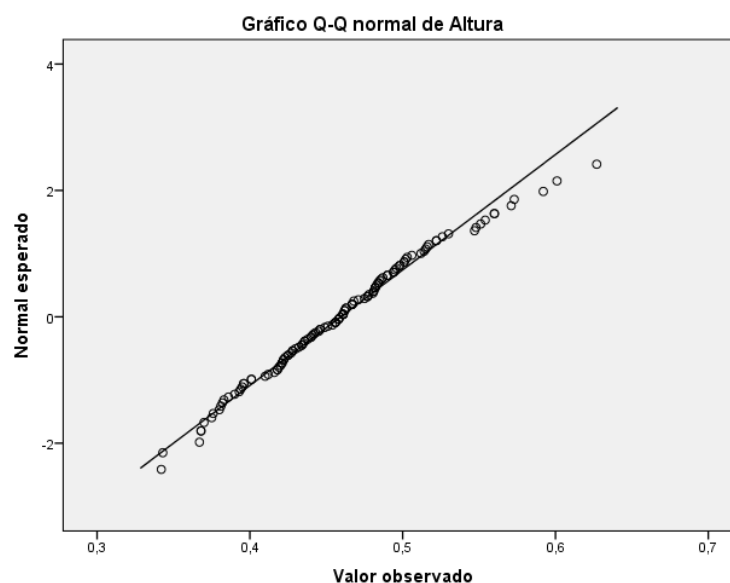


Gráfico 1.6. Gráfico Q-Q normal de la variable altura de los capiteles.

Diámetro Mínimo (Dmin)

En la Tabla 1.19, la curtosis de la variable Diámetro mínimo es 0.598 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como Diámetro mínimo con mayor y menor tamaño.

Media	0.356
95% de intervalo de confianza	0.3507 0.3613
Mediana	0.352
Desviación estándar	0.0302
Mínimo	0.29
Máximo	0.46
Curtosis	0.598

Tabla 1.19. Análisis descriptivo de la variable Diámetro mínimo de los capiteles.

La Gráfica 1.7 muestra como los datos se ajustan a la recta normal esperada.

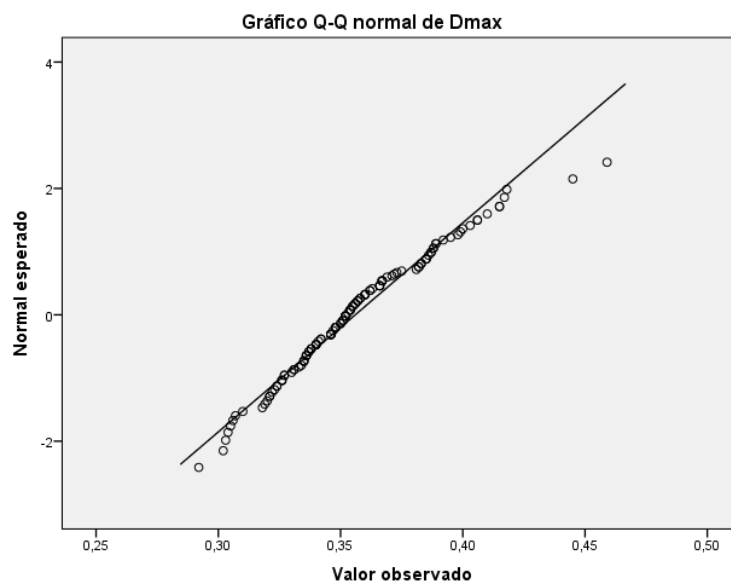


Gráfico 1.7. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro Mínimo de los capiteles.

Longitud Máxima (Lmax)

En la Tabla 1.20, se muestra la curtosis de la variable Longitud Máxima, 0.607, estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra asimismo la media, así como la Longitud máxima con mayor y menor tamaño.

Media	0.5494
95% de intervalo de confianza	0.5384 0.5584
Mediana	0.384
Desviación estándar	0.0339
Mínimo	0.31
Máximo	0.47
Curtosis	-0.402

Tabla 1.20. Análisis descriptivo de la Longitud Máxima de los capiteles.

La Gráfica 1.8 muestra al igual que las anteriores la normalidad de la variable Longitud Máxima.

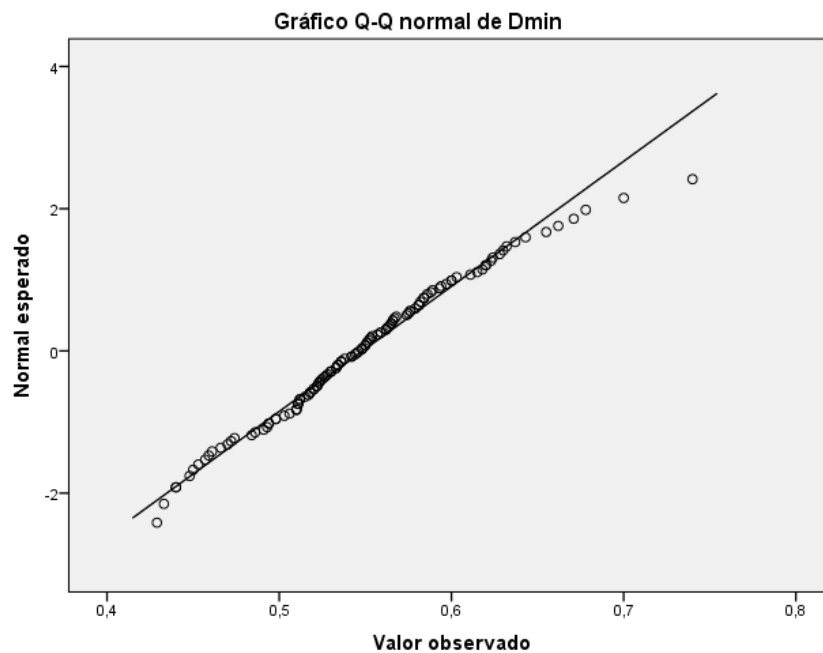


Gráfico 1.8. Gráfico Q-Q normal de la variable Longitud Máxima de los capiteles.

3.1.4.7. Resultados del Clúster de Fustes

El número total de cimacios estudiados en el estadístico ha sido de 111 casos, los casos que faltan con respecto a las medidas recopiladas corresponden a aquellos cimacios que no han podido ser medidos en su totalidad, y, por tanto, han sido descartados.

Análisis descriptivo de las variables en estudio.

Diámetro inferior (Dinf)

Como puede observarse en la Tabla 1.23, la curtosis de la variable Dinf es -0.099 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el diámetro inferior con mayor y menor diámetro.

Media	0.4009
95% de intervalo de confianza	0.3942 0.4075
Mediana	0.397
Desviación estándar	0.0354
Mínimo	0.32
Máximo	0.50
Curtosis	-0.099

Tabla 1.23. Análisis descriptivo de la variable Diámetro inferior de los fustes.

La Gráfica 1.9 muestra los datos y la recta normal esperada, como se puede observar, los datos se ajustan a dicha recta, demostrando que los datos pertenecen a una distribución normal.

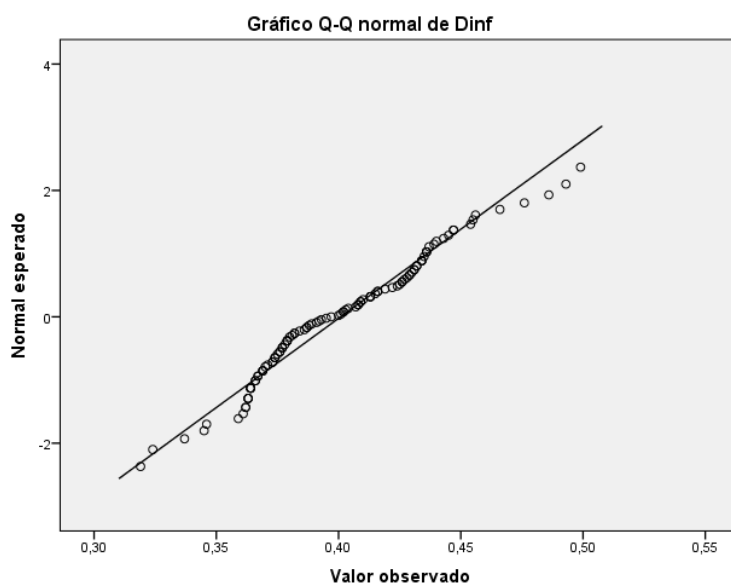


Gráfico 1.9. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro inferior de los fustes.

Diámetro a 1 metro (D1)

Como ya se ha explicado anteriormente el diámetro a 1 metro ha sido medido con respecto a la zona inferior del fuste y no con respecto al suelo. La curtosis de la variable D1 es -0.499 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal, Tabla 1.24. Se muestra además la media, así como el diámetro a 1 metro con mayor y menor tamaño.

Media	0.4001
95% de intervalo de confianza	0.3937 0.4064
Mediana	0.397
Desviación estándar	0.0336
Mínimo	0.34
Máximo	0.49
Curtosis	-0.499

Tabla 1.24. Análisis descriptivo de la variable Diámetro a 1 metro de los fustes.

En la Gráfica 1.10 se puede observar como los datos se ajustan a la recta normal esperada.

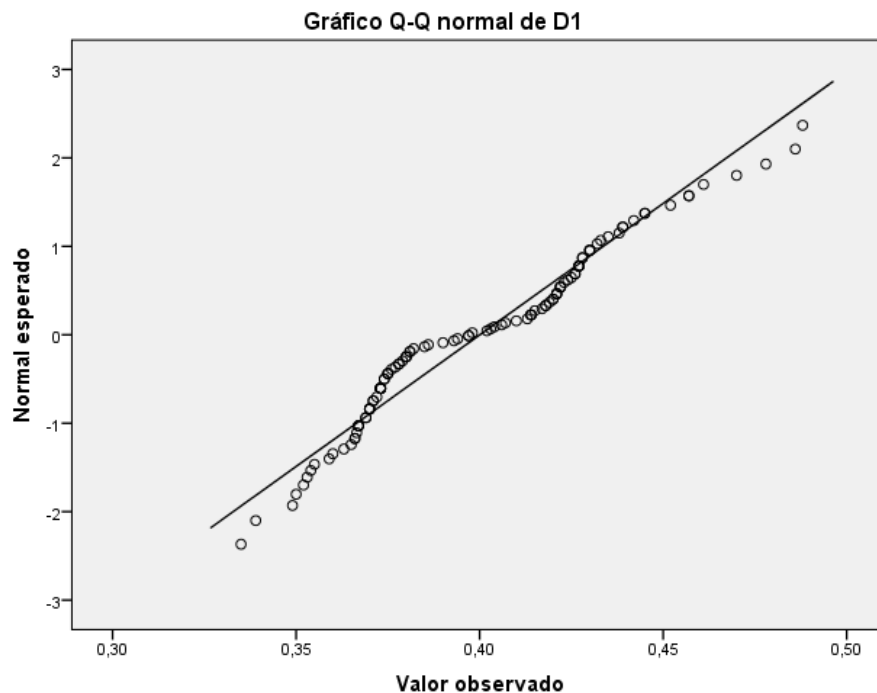


Gráfico 1.10. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro a 1 metros de los fustes.

Diámetro a 2 metros (D2)

En la Tabla 1.25, la curtosis de la variable D2 es -0.402 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el diámetro a 2 metros con mayor y menor tamaño.

Media	0.3845
95% de intervalo de confianza	0.3781 0.3909
Mediana	0.384
Desviación estándar	0.0339
Mínimo	0.31
Máximo	0.47
Curtosis	-0.402

Tabla 1.25. Análisis descriptivo de la variable Diámetro a 2 metros de los fustes.

La Gráfica 1.11 muestra al igual que las anteriores la normalidad de la variable D2.

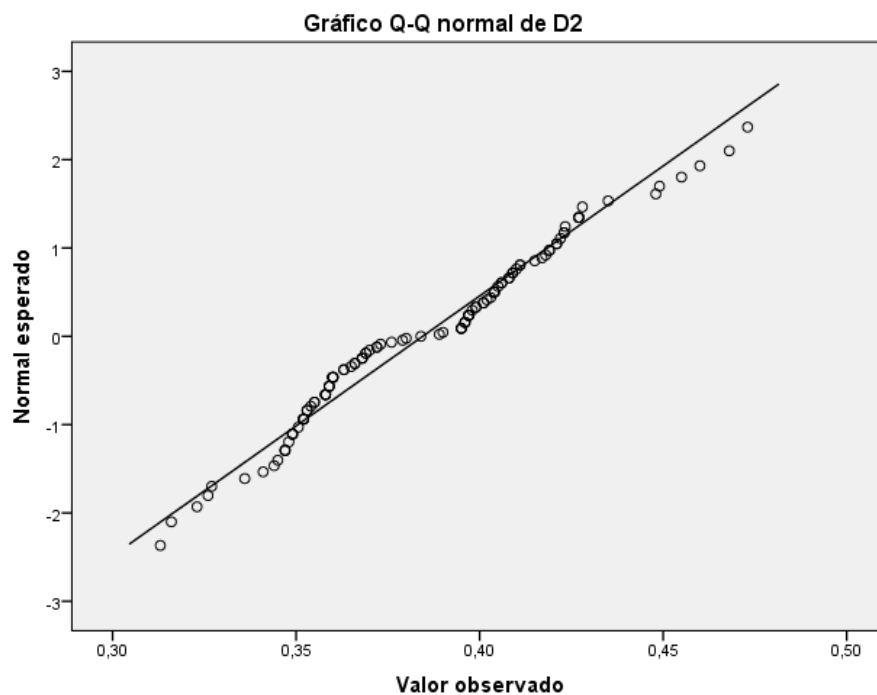


Gráfico 1.11. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro a 2 metros de los fustes.

Diámetro superior (Dsup)

En la Tabla 1.26, la curtosis de la variable Dsup es 0.551 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el Dsup con mayor y menor tamaño.

Media	0.3595
95% de intervalo de confianza	0.3539 0.3653
Mediana	0.362
Desviación estándar	0.03
Mínimo	0.29
Máximo	0.46
Curtosis	0.551

Tabla 1.26. Análisis descriptivo de la variable Diámetro Superior de los fustes.

La Gráfica 1.12 muestra al igual que las anteriores la normalidad de la variable Dsup.

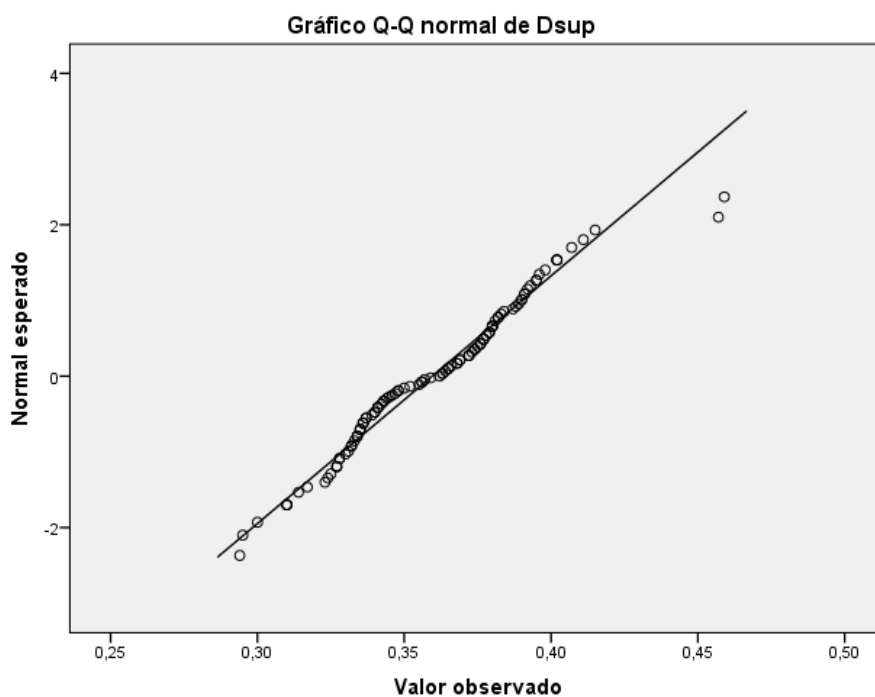


Gráfico 1.12. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro superior de los fustes.

Diámetro sumoscapo (Dsum)

En la Tabla 1.27, la curtosis de la variable Dsum es 1.26 estando dentro del intervalo $[-2+2]$ y siendo, por tanto, una variable normal. Se muestra además la media, así como el Dsum con mayor y menor tamaño.

Media	0.3921
95% de intervalo de confianza	0.3852 0.399
Mediana	0.389
Desviación estándar	0.0368
Mínimo	0.29
Máximo	0.54
Curtosis	1.26

Tabla 1.27. Análisis descriptivo de la variable Diámetro del sumoscapo de los fustes.

La Gráfica 1.13 muestra al igual que las anteriores la normalidad de la variable Dsum.

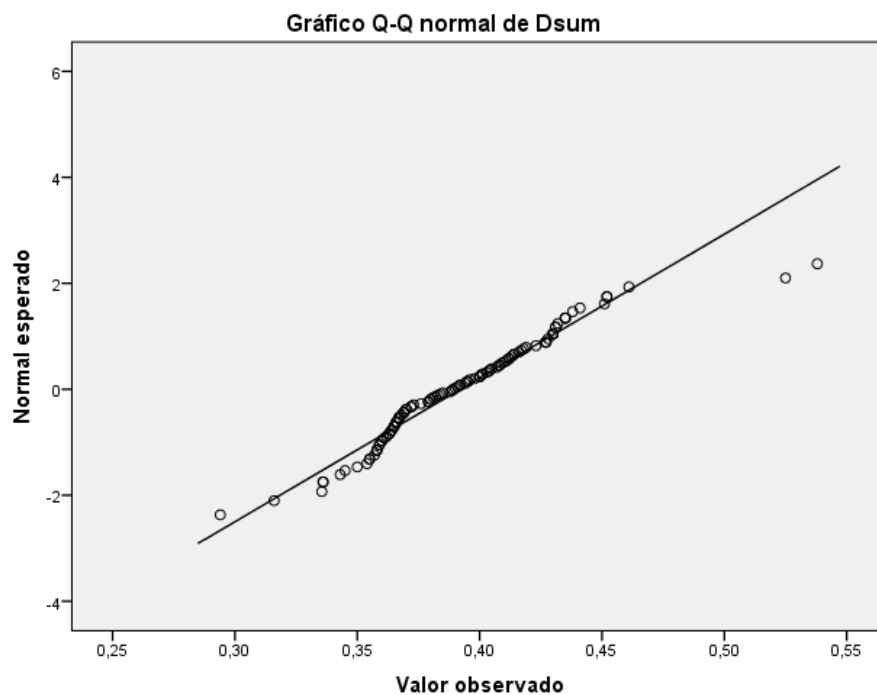


Gráfico 1.13. Gráfico Q-Q normal de la variable Diámetro del sumoscapo de los fustes.

Las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk realizadas para cada variable fueron satisfactorias siendo las cinco variables normales.

3.1.5. Conclusiones del Capítulo

Conclusiones del Clúster de Cimacios

Tras el análisis descriptivo de las variables se procedió a llevar a cabo un análisis de conglomerados de las variables métricas de los cimacios. Para este tipo de análisis recurriremos siempre al uso de las variables métricas, obviando las variables no métricas de cada cimacio. Es decir, evitaremos el uso de las variables Estilo, Material y Época, Tabla 1.8.

El motivo por el cual estas tres variables son descartadas para el análisis de conglomerados es debido a su baja variabilidad. Los softwares estadísticos tienden a agrupar todos los cimacios de la misma época, estilo y/o material en un mismo conglomerado, no teniendo porque darse este caso. Es por este motivo por el cual los análisis de conglomerados se han llevado a cabo evitando en todo momento las tres variables no métricas y procediendo posteriormente a verificar o reubicar algunos de los conglomerados con sus vecinos cercanos, siempre y cuando las variables métricas y no métricas coincidiesen.

En la Tabla 1.17 se muestran los cimacios agrupados gracias al estudio estadístico, como puede comprobarse, aunque han sido escogidos 123 casos, tan solo han sido agrupados un total de 49 cimacios. El resto han sido encuadrados en grupos independientes o bien, en grupos a los cuales no podían pertenecer debido a las variables no métricas. Para facilitar la lectura de la Tabla 1.17, se han marcado con colores los clústeres con el fin de distinguir mejor cada agrupación.

Han sido generados un total de once grupos de parejas de cimacios y un grupo formado por tres de ellos. Además, se han agrupado seis cimacios en el Clúster nº 4 así como dos grupos de cuatro cimacios en los Clúster nº 5 y nº 12. Por último, un total de diez cimacios han sido agrupados dentro de un mismo Clúster, el nº 11.

Los cimacios agrupados en el Clúster nº1 son de estilo moldurado, de caliza y datados de época Tardoantigua.

Los cimacios agrupados en el Clúster nº 2 son de estilo liso, de caliza y datados de época Tardoantigua.

Los cimacios del Clúster nº 3 tienen el mismo estilo, material y época que los clasificados en el Clúster nº 2. Sin embargo, en este caso y debido a su diferencia en variables métricas el análisis los ha agrupado independientemente.

De los seis cimacios del clúster nº 4, todos son de estilo Liso y Tardoantiguos. No obstante, 4 de ellos tienen un material indeterminado debido a la pintura que los cubre, siendo los otros dos de Mármol Blanco. A falta de comprobación en campo, y gracias al análisis estadístico podemos suponer con bastante fiabilidad que los cimacios serán de Mármol Blanco, aunque como se ha dicho, será necesaria una comprobación in situ.

Los cuatro cimacios agrupados en el clúster nº 5 son moldurados, de piedra caliza y Tardoantiguos. El clúster nº6 está formado por una pareja de cimacios de estilo liso, mármol blanco y Tardoantiguos.

Los tres cimacios que conforman el clúster nº7 son de estilo decorado, si bien no los motivos de los tres coinciden, rara vez lo hacían, son de caliza y fechados en época Tardoantigua.

El clúster n° 8 es una pareja de cimacios de estilo liso, mármol blanco y Tardoantiguos. Al igual que el clúster n° 8, el clúster n° 9 está formado por una pareja de cimacios lisos, de piedra caliza y época Tardoantigua

CONGLOMERADO DE CIMACIOS					
Referencia	Clúster	Referencia	Clúster	Referencia	Clúster
UC14-EL5	1	UC19-EL12	6	UC21-EL4	11
UC22-EL1	1	UC18-EL13	7	UC21-EL14	11
UC20-EL7	2	UC20-EL2	7	UC23-EL12	11
UC21-EL3	2	UC21-EL1	7	UC17-EL7	12
UC17-EL12	3	UC17-EL2	8	UC17-EL8	12
UC20-EL14	3	UC23-EL7	8	UC20-EL6	12
UC14-EL2	4	UC18-EL4	9	UC22-EL6	12
UC16-EL3	4	UC19-EL5	9	UC17-EL3	13
UC22-EL9	4	UC20-EL8	10	UC20-EL3	13
UC23-EL5	4	UC20-EL15	10	UC15-EL2	14
UC23-EL10	4	UC14-EL7	11	UC15-EL4	14
UC23-EL11	4	UC14-EL10	11	UC18-EL1	15
UC22-EL2	5	UC15-EL8	11	UC19-EL1	15
UC22-EL3	5	UC15-EL10	11	UC21-EL2	16
UC22-EL10	5	UC17-EL10	11	UC21-EL15	16
UC22-EL10	5	UC19-EL4	11		
UC15-EL11	6	UC20-EL5	11		

Tabla 1.17. Conglomerado de Cimacios. Cimacios que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.

El clúster n° 10 lo conforma una pareja de cimacios decorados de piedra caliza y época Tardoantigua. El clúster n° 11 es el formado por un mayor número de cimacios agrupados, diez en total, todos ellos lisos, de mármol blanco y datados en época Tardoantigua.

El conjunto de cuatro cimacios del clúster n° 12 son lisos, de piedra caliza y Tardoantiguos. Tanto el clúster n° 13, como el clúster n° 14 están formados por sendas parejas de cimacios, siendo los del clúster n° 13 moldurados de caliza y Tardoantiguos. Mientras que los del clúster n° 14 son moldurados, de mármol blancos y Tardoantiguos.

La pareja de cimacios del clúster n° 15 pertenecen a las columnas UC18-EL1 y UC19-EL1, dichas columnas son las primeras de la nave central de la mezquita de ‘Abd al-Rahman I y demuestra que fueron puestos en dicha ubicación a propósito. Por último, los cimacios del clúster n° 16 son una pareja de cimacios decorados de

caliza y Tardoantiguos al igual que los del clúster nº 15 aunque con distintas variables métricas.

En su estudio Peña Jurado no atribuye ningún cimacio a un mismo edificio romano (Peña Jurado, 2010). En la Figura 1.43 y Figura 1.44 se muestra la planta y la perspectiva de la zona en estudio con los cimacios y los clústeres a los que pertenecen. Para una mejor comprensión se recomienda el uso de la Tabla 1.17.



Figura 1.43. Planta de los Clúster de los cimacios en la planta original.

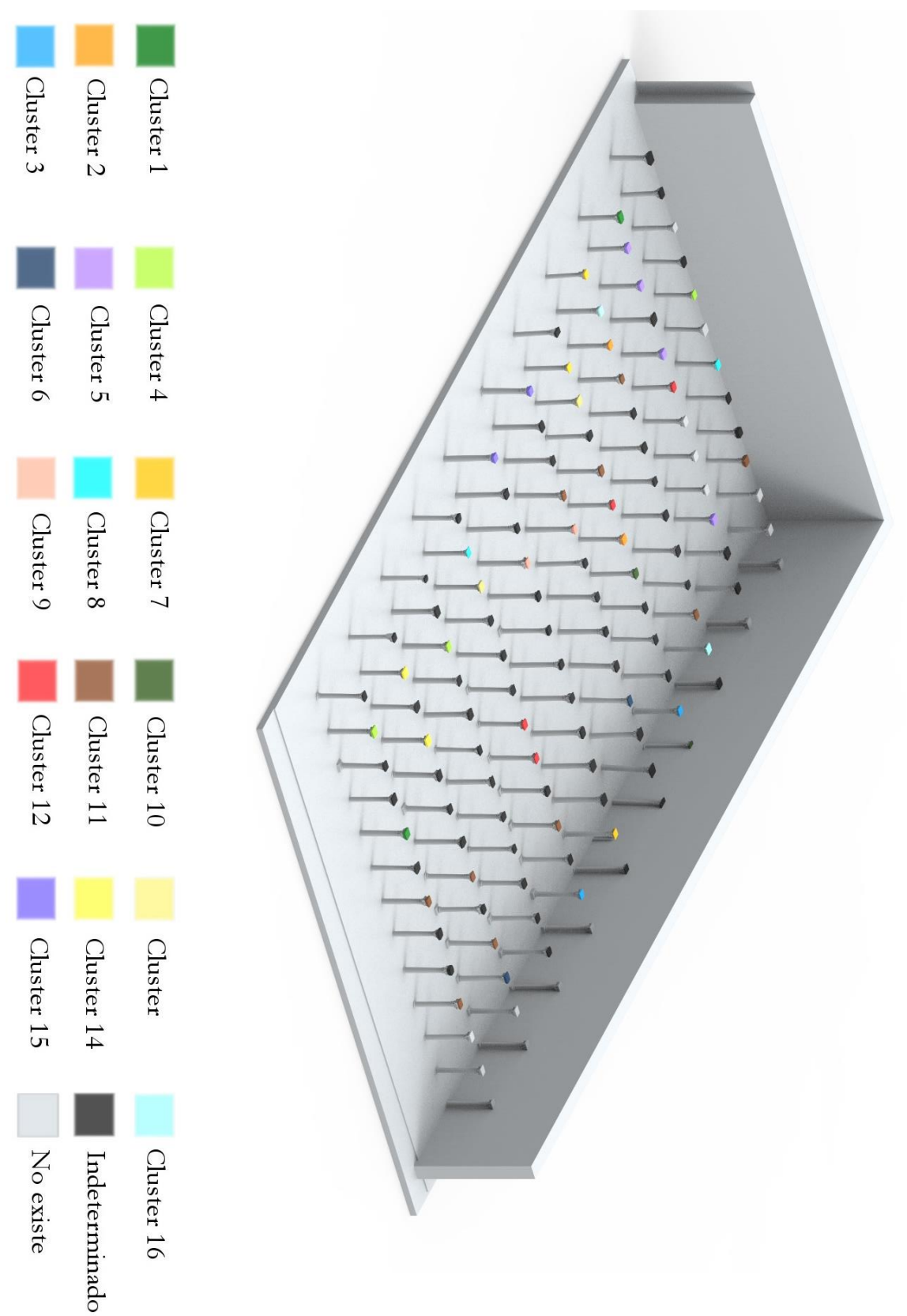


Figura 1.44. Perspectiva de los Clúster de los cimacios en la planta original. Se muestra el muro Sur y muro Este.

Conclusiones del Clúster de capiteles

Tras el análisis descriptivo de las variables se procedió a llevar a cabo un análisis de conglomerados de las variables métricas de los capiteles. Evitaremos como en el caso de los cimacios las variables no métricas. Es decir, evitaremos el uso de las variables Estilo, Material y Época.

En la Tabla 1.21 se muestran los fustes agrupados gracias al estudio estadístico, como puede comprobarse, aunque han sido seleccionados 126 casos, han sido agrupados un total de 102 capiteles. El resto han sido encuadrados en grupos independientes o bien, en grupos a los cuales no podían pertenecer debido a las variables no métricas. Para facilitar la lectura de la Tabla 1.21, se han marcado con colores los clústeres con el fin de distinguir mejor cada agrupación.

Para el análisis de los capiteles han sido generados un total de 21 grupos.

Los Clúster más numerosos son el nº1, nº3 y nº18. Los capiteles del grupo 1 son todos de estilo Corintio, su material varía entre Mármol Blanco y Caliza y su época de datación es Julio-Claudia o Adrianea. Del mismo modo, los capiteles del grupo 3 y 18 son de estilo Corintio, variando su material.

Se han generado varias parejas de capiteles en los clústeres nº2, nº4, nº6, nº7, nº9, nº10, nº14, nº16, nº20 y nº21. Los clústeres nº9, nº 20 y nº21 corresponden a capiteles de estilo compuesto de hojas listas y datados en época Tardoantigua. Los clústeres nº2, nº10, nº14 y nº16 corresponden con capiteles de estilo Corintio y de época Tardoantigua. Los clústeres nº4 y nº7 corresponden a capiteles corintios de hojas lisas mientras que el clúster nº6 está formado por capiteles de estilo Corintizante.

En la Figura 1.45 se muestran los clúster de los capiteles en planta de cada una de las alineaciones o Unidades Constructivas. Para una mejor comprensión y análisis se recomienda el uso de la Tabla 1.21.

Debido a la similitud de sus medidas trataremos el Clúster 1 y el Clúster 3 generados como uno único, ya que hay capiteles de distintos edificios romanos mezclados en ambos clúster. Todos los capiteles son de estilo Corintio y época Julio-Claudia o Adrianea según Peña (Peña Jurado, 2010).

Peña Jurado hace una pequeña agrupación de capiteles atribuibles a un mismo edificio romano. Dichos capiteles corresponden con los siguientes: UC17-EL5, UC17-EL7, UC17-EL11, UC18-EL11, UC19-EL4, UC20-EL13, UC20-EL14, UC22-EL2, UC22-EL3 y UC22-EL6. Peña los atribuye a un mismo edificio y estadísticamente dichos capiteles han sido agrupados en los Clúster 1 y 3, de estilo corintio. Cinco de los capiteles atribuidos por Peña forma parte del Clúster 1, siendo el resto del Clúster 3. Además de los diez capiteles agrupados por Peña, estadísticamente se ha conseguido agrupar tres capiteles más como pertenecientes al mismo edificio. Por otra parte, se han conseguido agrupar un total de diecisiete capiteles en los Clúster 1 y 3 todos de estilo Corintio y época Julio-Claudia, atribuibles a un mismo edificio romano.

El Clúster 18 generado contiene once capiteles de estilo corintio y época Julio-Claudia atribuibles a un mismo. Asimismo, contiene cinco capiteles de estilo corintio y época Tardoantigua, pudiendo pertenecer a otro edificio de época posterior.

En las Figuras 1.46 y 1.51 se muestran la planta y el alzado de las alineaciones o UC con los capiteles ya divididos en función del clúster y las variables no métricas, (Estilo, Material y Época). Mostrando de esta forma los capiteles atribuibles a un mismo edificio según el estudio estadístico. La agrupación según su posible procedencia de un mismo edificio aparece reflejada en la Tabla 1.22.

CONGLOMERADO DE CAPITULES					
Referencia	Clúster	Referencia	Clúster	Referencia	Clúster
UC15-EL7	1	UC19-EL1	5	UC18-EL14	16
UC17-EL8	1	UC20-EL1	5	UC19-EL6	16
UC17-EL9	1	UC20-EL11	5	UC18-EL7	17
UC17-EL11	1	UC20-EL15	5	UC19-EL11	17
UC17-EL12	1	UC15-EL8	6	UC23-EL5	17
UC18-EL2	1	UC23-EL8	6	UC15-EL1	18
UC19-EL4	1	UC16-EL2	7	UC15-EL5	18
UC20-EL7	1	UC19-EL8	7	UC16-EL10	18
UC20-EL13	1	UC14-EL3	8	UC17-EL4	18
UC20-EL14	1	UC17-EL1	8	UC17-EL10	18
UC21-EL1	1	UC18-EL6	8	UC18-EL9	18
UC21-EL4	1	UC18-EL13	8	UC18-EL10	18
UC22-EL3	1	UC19-EL15	8	UC18-EL12	18
UC22-EL9	1	UC20-EL5	8	UC19-EL7	18
UC23-EL9	1	UC22-EL10	8	UC19-EL9	18
UC23-EL11	1	UC14-EL9	9	UC19-EL10	18
UC23-EL12	1	UC16-EL5	9	UC19-EL12	18
UC18-EL3	2	UC22-EL5	10	UC19-EL13	18
UC21-EL16	2	UC23-EL10	10	UC19-EL14	18
UC14-EL4	3	UC17-EL7	11	UC22-EL1	18
UC15-EL2	3	UC20-EL6	11	UC23-EL2	18
UC15-EL11	3	UC21-EL6	11	UC14-EL10	19
UC16-EL1	3	UC17-EL6	12	UC15-EL9	19
UC16-EL7	3	UC21-EL14	12	UC18-EL4	19
UC17-EL5	3	UC21-EL15	12	UC22-EL12	19
UC18-EL11	3	UC23-EL7	12	UC23-EL1	19
UC20-EL4	3	UC15-EL4	13	UC14-EL5	20
UC20-EL9	3	UC16-EL8	13	UC14-EL6	20
UC20-EL12	3	UC16-EL11	13	UC14-EL8	21

UC21-EL2	3	UC16-EL12	13	UC15-EL3	21
UC21-EL8	3	UC21-EL11	13		
UC21-EL9	3	UC15-EL6	14		
UC22-EL4	3	UC15-EL10	14		
UC22-EL6	3	UC18-EL5	15		
UC23-EL4	3	UC19-EL3	15		
UC16-EL3	4	UC19-EL5	15		
UC16-EL6	4	UC21-EL5	15		
UC18-EL1	5	UC21-EL13	15		

Tabla 1.21. Conglomerado de Capiteles. Se muestran los capiteles que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.

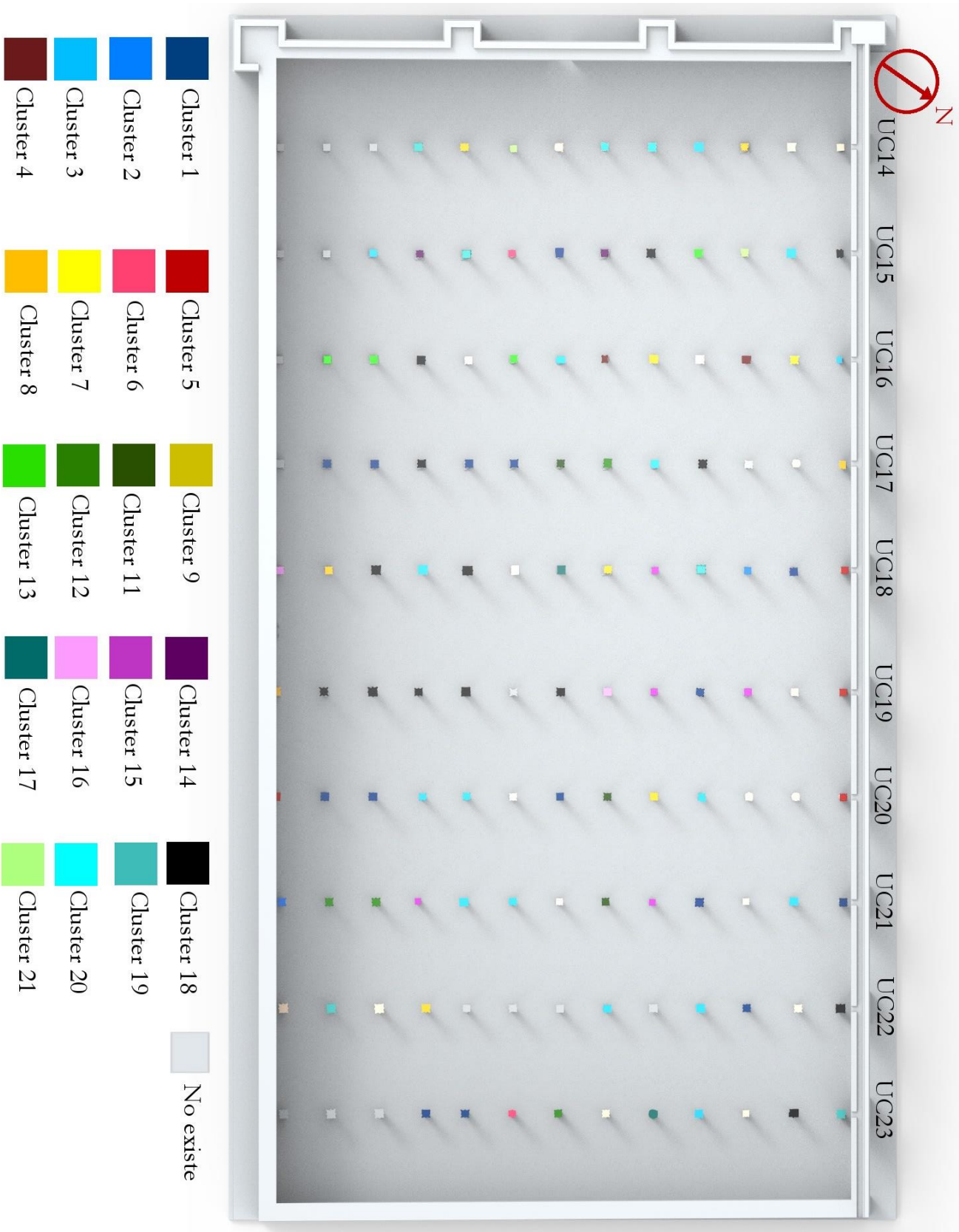


Figura 1.45. Planta de los Clúster de los capiteles en la planta original.

CONGLOMERADO DE CAPITILES					
Referencia	Clúster	Referencia	Clúster	Referencia	Clúster
UC15-EL2	1	UC16-EL3	4	UC15-EL1	14
UC15-EL7	1	UC16-EL6	4	UC15-EL5	14
UC15-EL11	1	UC18-EL1	4	UC16-EL10	14
UC16-EL7	1	UC19-EL1	4	UC17-EL10	14
UC17-EL8	1	UC20-EL1	4	UC18-EL9	14
UC17-EL9	1	UC14-EL3	5	UC18-EL12	14
UC17-EL12	1	UC17-EL1	5	UC19-EL7	14
UC18-EL2	1	UC18-EL6	5	UC19-EL9	14
UC20-EL4	1	UC18-EL13	5	UC19-EL13	14
UC20-EL7	1	UC19-EL15	5	UC22-EL1	14
UC20-EL9	1	UC22-EL10	5	UC23-EL2	14
UC20-EL12	1	UC14-EL9	6	UC17-EL4	15
UC21-EL4	1	UC16-EL5	6	UC18-EL10	15
UC21-EL9	1	UC22-EL5	7	UC19-EL10	15
UC23-EL4	1	UC23-EL10	7	UC19-EL12	15
UC23-EL9	1	UC20-EL6	8	UC19-EL14	15
UC23-EL12	1	UC21-EL6	8	UC14-EL10	16
UC18-EL3	2	UC17-EL6	9	UC15-EL9	16
UC21-EL16	2	UC21-EL14	9	UC23-EL1	16
UC22-EL4	2	UC21-EL15	9	UC18-EL4	17
UC23-EL11	2	UC23-EL7	9	UC22-EL12	17
UC14-EL4	3	UC15-EL4	10	UC14-EL5	18
UC16-EL1	3	UC16-EL11	10	UC14-EL6	18
UC17-EL5	3	UC21-EL11	10	UC14-EL8	19
UC17-EL11	3	UC16-EL8	11	UC15-EL3	19
UC18-EL11	3	UC16-EL12	11		
UC19-EL4	3	UC18-EL5	12		
UC20-EL13	3	UC19-EL3	12		
UC20-EL14	3	UC19-EL5	12		
UC21-EL1	3	UC21-EL5	12		
UC21-EL8	3	UC21-EL13	12		
UC22-EL3	3	UC18-EL7	13		
UC22-EL6	3	UC19-EL11	13		
UC22-EL9	3	UC23-EL5	13		

Tabla 1.22. Conglomerado de Capiteles. Se muestran los capiteles que han sido agrupados en función de su estilo, material y época, siendo atribuibles a un mismo edificio romano o tardoantiguo.



Figura 1.46. Perspectiva de los Clúster de los capiteles en la planta original.

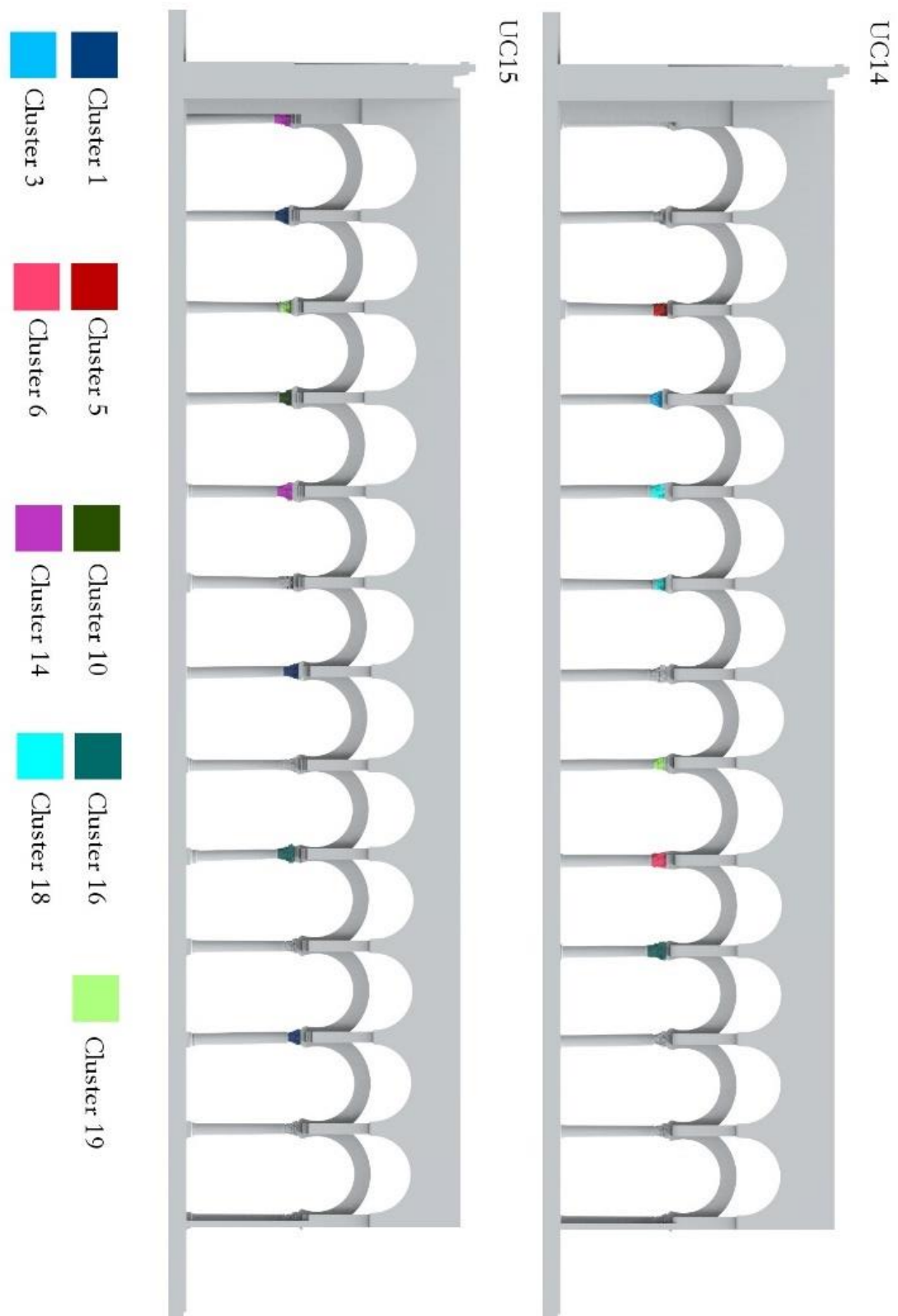


Figura 1.47. Alzado de las Unidades Constructivas (UC14-UC15) con los Clúster de los capiteles.

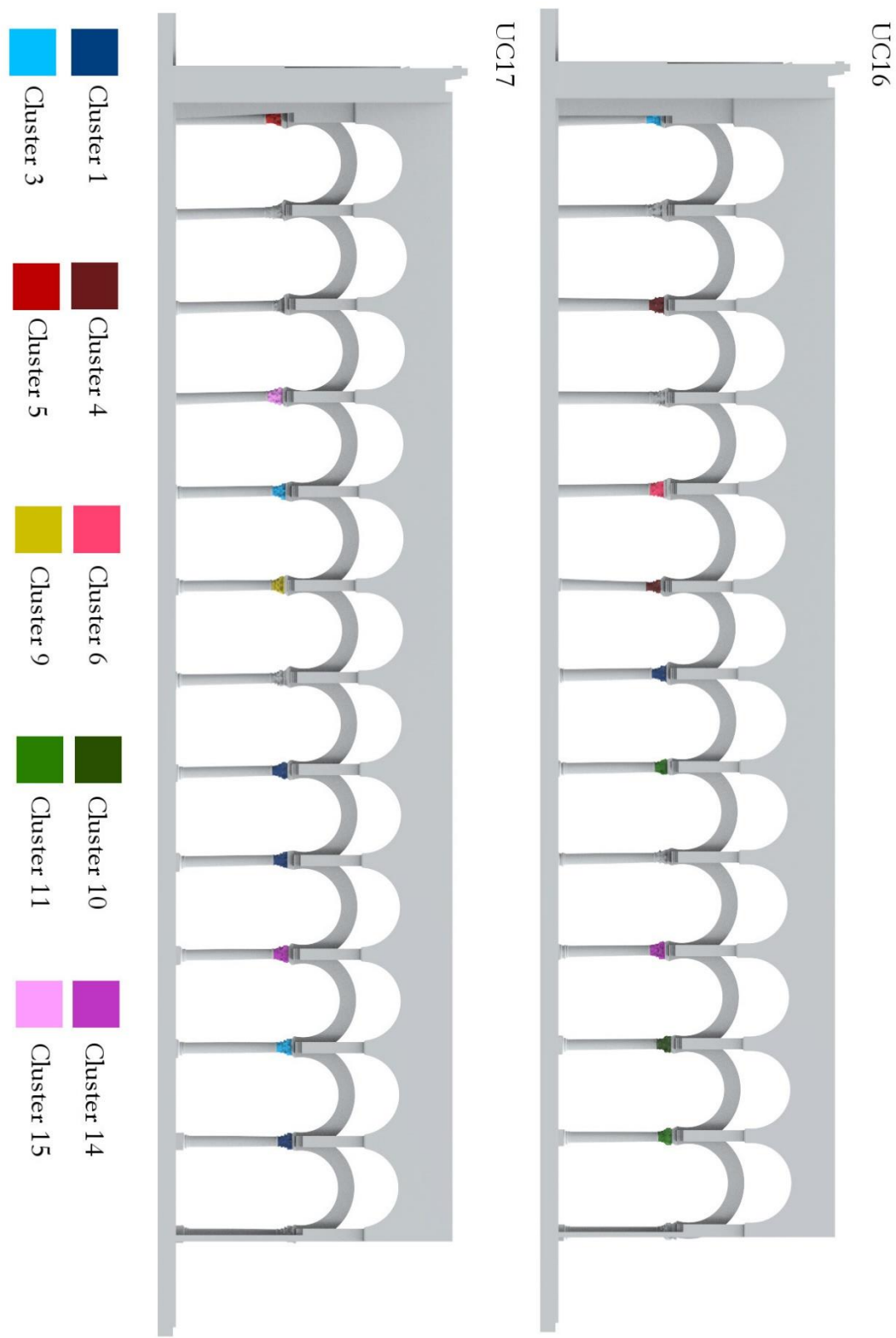


Figura 1.48. Alzado de las Unidades Constructivas (UC16-UC17) con los Clúster de los capiteles.



Figura 1.49. Alzado de las Unidades Constructivas (UC18-UC19) con los Clúster de los capiteles.

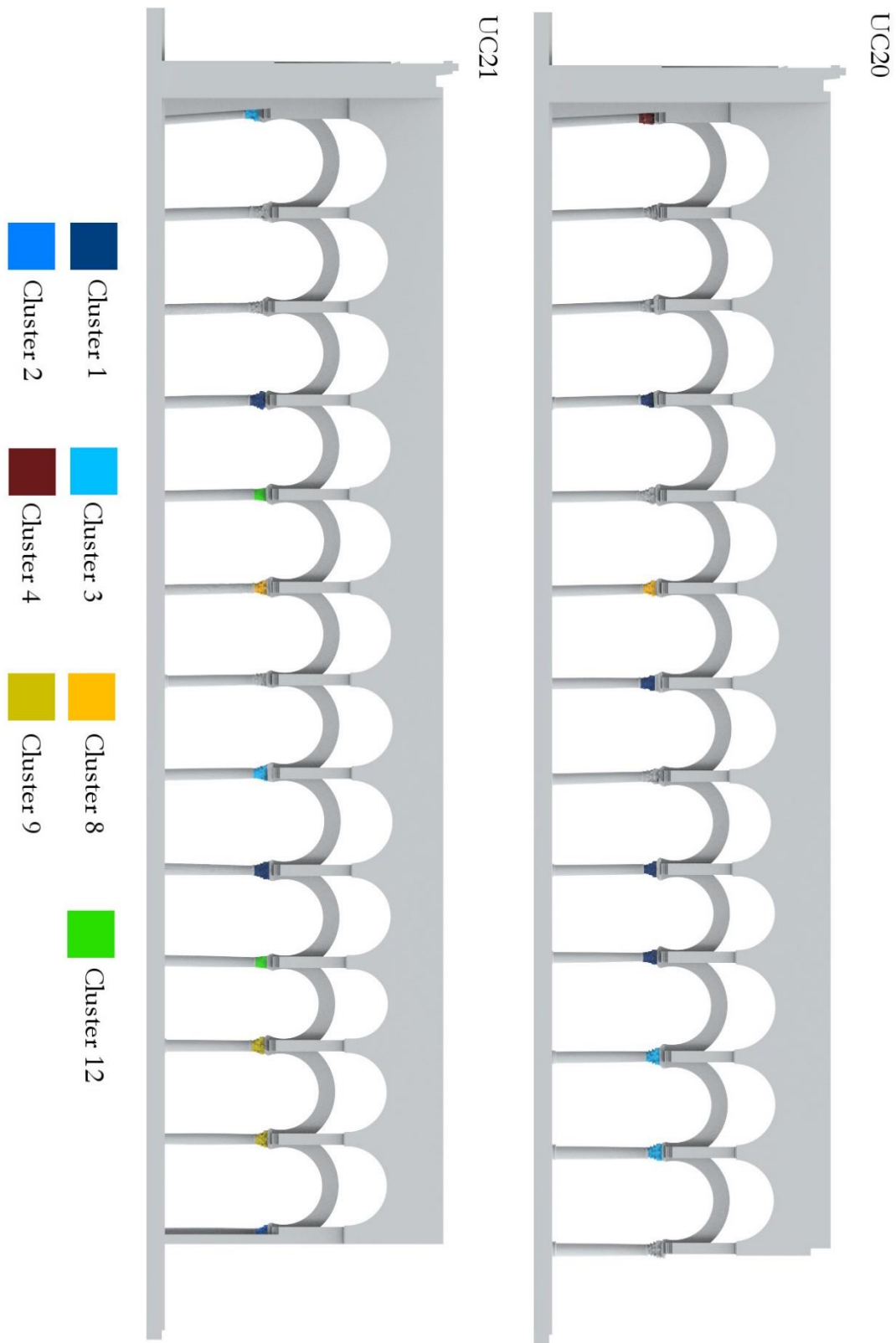


Figura 1.50. Alzado de las Unidades Constructivas (UC20-UC21) con los Clúster de los capiteles.



Figura 1.51. Alzado de las Unidades Constructivas (UC22-UC23) con los Clúster de los capiteles.

Conclusiones del Clúster de los fustes

Tras el análisis descriptivo de las variables se procedió a llevar a cabo un análisis de conglomerados de las variables métricas de los fustes. Para este tipo de análisis recurriremos siempre al uso de las variables métricas y no de las variables no métricas de cada fuste. Es decir, evitaremos el uso de las variables Estilo, Material y Época.

El motivo por el cual estas tres variables son descartadas para el análisis de conglomerados es debido a su baja variabilidad, por este motivo los softwares estadísticos tienden a agrupar todos los fustes de la misma época, estilo y/o material en un mismo conglomerado, no teniendo porque darse este caso. Es por este motivo por el cual los análisis de conglomerados se han llevado a cabo evitando en todo momento las tres variables no métricas y procediendo posteriormente a verificar o reubicar algunos de los conglomerados con sus vecinos cercanos siempre y cuando las variables métricas y no métricas coincidiesen.

En la Tabla 1.28 se muestran los fustes agrupados gracias al estudio estadístico, como puede comprobarse, aunque han sido escogidos 111 casos, tan solo han sido agrupados un total de 108 fustes. El resto el análisis los ha encuadrado en grupos independientes o bien, en grupos a los cuales no podían pertenecer debido a las variables no métricas. Para facilitar la lectura de la Tabla 1.28, se han marcado con colores los clústeres con el fin de distinguir mejor cada agrupación.

Con una breve observación el lector podrá analizar cómo se han generado un total de once grupos de fustes.

Los fustes agrupados en el Clúster nº1 son de estilo liso, datados en época Imperial y todo ellos de Lumachella carnina. En total son un grupo de veintinueve fustes agrupados a partir de sus dimensiones.

Los fustes agrupados en el Clúster nº 2 son de estilo liso, de Mármol de Estremoz y datados de época Imperial. Habiéndose conseguido un total de cinco fustes emparejados.

Los fustes del Clúster nº 3 son de estilo liso, material Caliza Violácea y de época Califal. Estos fustes se corresponden con aquellos reparados o movidos en época Califal o posterior, incluyendo la construcción del Crucero en época cristiana.

De los catorce fustes del clúster nº 4, todos son de estilo Liso e Imperiales, sin embargo. Sin embargo, en este caso son de Granito Gris.

Los seis fustes agrupados en el clúster nº 5 son lisos, de Mármol de Estremoz y datados en época Imperial.

El clúster nº6 está formado seis fustes de época Califal y estilo Liso, aunque en este caso de distintos materiales, Breccia Roja, Caliza Negra y Caliza Violácea.

Los dos fustes que conforman el clúster nº7 son de estilo liso, su material es Granito de la Tróade, fustes de un material raro proveniente de Turquía y datados en época Imperial.

El clúster nº 8 está formado por ocho fustes de estilo liso, Granito Gris y época Imperial.

El clúster nº 9 es el conglomerado de mayor tamaño, con un total de treinta y dos fustes. Todos ellos son de estilo liso, material Lumachella Carnina y época Imperial. Éste clúster conforma prácticamente en su totalidad las columnas de la nave central de la mezquita de ‘Abd al-Rahman I.

El conjunto de dos fustes del clúster nº 10 son lisos, de Granito Sardo e Imperiales. Por último, nos encontramos con dos fustes de tipo helicoidal, uno de ellos gira de izquierda a derecha, girando en sentido contrario el otro fuste. Ambos son de época Imperial, si bien sus materiales son distintos, Lumachella Carnina y Mármol de Estremoz.

En su estudio Peña atribuye quince fustes de Lumachella Carnina a un mismo edificio (Peña Jurado, 2010), y estadísticamente esto se confirma ya que todos ellos han sido agrupados en el Clúster 1. No obstante, además de los quince fustes, se han agrupado catorce más como pertenecientes al mismo edificio. En las Figuras 1.52 a 1.57 se muestra la planta y los alzados con las columnas atribuibles a un mismo edificio o sector de un edificio. Para un mejor análisis se recomienda el uso de la Tabla 1.28.

A partir de los resultados obtenidos puede afirmarse que las columnas procedían de grandes edificios o incluso de la propia Basílica o Complejo Basilical de San Vicente. Las columnas que podrían proceder de este complejo serían las referentes a los Clúster nº1 (21 columnas), Clúster nº 4 (14 columnas) o Clúster nº9 (32 columnas). Esta agrupación de gran número de columnas iguales avala la hipótesis de provenir de un edificio de grandes dimensiones.

En la Figura 1.52, se puede intuir una premeditación en la colocación de las columnas en función de su material y dimensiones. Las hiladas UC18 y UC19 comienzan con el mismo fuste, Clúster 8, y continúan con todas las columnas iguales, Clúster 9, a excepción de dos columnas del Clúster 1, colocadas una frente a la otra. Las dos columnas del Clúster 5 que aparecen en la hilada UC18 se deben a los movimientos de columnas llevados a cabo durante la construcción del Crucero de la Catedral, siglo XVI. Podemos suponer por tanto que dichas columnas serían iguales al resto del Clúster 9. Por otro lado, las hiladas UC17 y UC20, simétricas entre sí, siguen un patrón formado por dos columnas del Clúster 1, seguidas de una columna del Clúster 4. Formando esa visión de dos columnas de Lumachella y una columna de Granito. De igual forma fue modificada la ubicación de algunas columnas durante la construcción del crucero como puede apreciarse.

En la hilada UC14 no ha podido identificarse ningún patrón seguido durante la colocación de los fustes. La hilada UC15 y UC16 fueron restauradas en el siglo XV tras el derrumbe de dicho sector, véase Capítulo 3.6 para más información acerca de este sector. Dicha restauración provocó el movimiento y posiblemente la colocación de nuevas columnas, modificando el esquema de la zona. No obstante, en la zona final de la UC15 y UC16 se puede apreciar el mismo esquema utilizado en UC17 y UC20, dos columnas de Lumachella seguidas de una columna de Granito.

En la hilada UC21 no ha podido ser identificado ningún esquema, aunque en la hilada UC23 parece seguir un esquema parecido al anteriormente descrito. En este caso se colocan alternas columnas del Clúster 1 y Clúster 4, Lumachella y Granito, aunque de nuevo las obras del crucero afectaron al sector no pudiendo identificar completamente el diseño.

Aunque debido al movimiento de columnas llevado a cabo entre los siglos XV y XVI no ha podido ser analizado el sector completamente, sí que han sido identificados varios grupos de columnas que pudieron provenir de un mismo edificio, con gran probabilidad del propio Complejo Episcopal que ocupaba el sector. Además, se han podido identificar esquemas en la colocación de las columnas, no habiendo ubicado el arquitecto las columnas de manera aleatoria, sino siguiendo un plan preestablecido.

CONGLOMERADO DE FUSTES					
Referencia	Clúster	Referencia	Clúster	Referencia	Clúster
UC15-EL1	1	UC15-EL9	4	UC14-EL10	9
UC15-EL2	1	UC15-EL10	4	UC15-EL3	9
UC15-EL8	1	UC16-EL7	4	UC15-EL5	9
UC16-EL8	1	UC16-EL10	4	UC18-EL2	9
UC16-EL9	1	UC17-EL1	4	UC18-EL3	9
UC16-EL11	1	UC17-EL4	4	UC18-EL4	9
UC16-EL12	1	UC17-EL7	4	UC18-EL5	9
UC17-EL2	1	UC17-EL10	4	UC18-EL7	9
UC17-EL3	1	UC20-EL4	4	UC18-EL8	9
UC17-EL5	1	UC20-EL7	4	UC18-EL9	9
UC17-EL6	1	UC20-EL12	4	UC18-EL11	9
UC17-EL8	1	UC21-EL13	4	UC18-EL13	9
UC17-EL9	1	UC22-EL10	4	UC19-EL2	9
UC18-EL6	1	UC23-EL5	4	UC19-EL3	9
UC19-EL6	1	UC18-EL10	5	UC19-EL4	9
UC20-EL1	1	UC18-EL12	5	UC19-EL5	9
UC20-EL2	1	UC20-EL10	5	UC19-EL7	9
UC20-EL3	1	UC20-EL11	5	UC19-EL8	9
UC20-EL5	1	UC21-EL5	5	UC19-EL9	9
UC20-EL6	1	UC23-EL11	5	UC19-EL10	9
UC20-EL8	1	UC14-EL1	6	UC19-EL12	9
UC20-EL9	1	UC15-EL6	6	UC19-EL13	9
UC21-EL1	1	UC16-EL2	6	UC19-EL14	9
UC22-EL2	1	UC20-EL14	6	UC21-EL2	9
UC22-EL6	1	UC22-EL12	6	UC21-EL10	9
UC23-EL2	1	UC23-EL7	6	UC22-EL1	9
UC23-EL4	1	UC14-EL5	7	UC22-EL3	9
UC23-EL6	1	UC21-EL4	7	UC22-EL4	9
UC23-EL8	1	UC14-EL2	8	UC22-EL5	9
UC17-EL11	2	UC14-EL7	8	UC22-EL9	9
UC20-EL13	2	UC14-EL9	8	UC22-EL11	9
UC21-EL7	2	UC15-EL7	8	UC23-EL1	9
UC21-EL9	2	UC16-EL4	8	UC21-EL12	10
UC23-EL9	2	UC16-EL5	8	UC22-EL7	10
UC17-EL12	3	UC18-EL1	8	UC21-EL3	11
UC21-EL15	3	UC19-EL1	8	UC21-EL6	11

Tabla 1.28. Conglomerado de Fustes. Se muestran los fustes que han sido agrupados gracias al análisis estadístico de sus variables métricas.

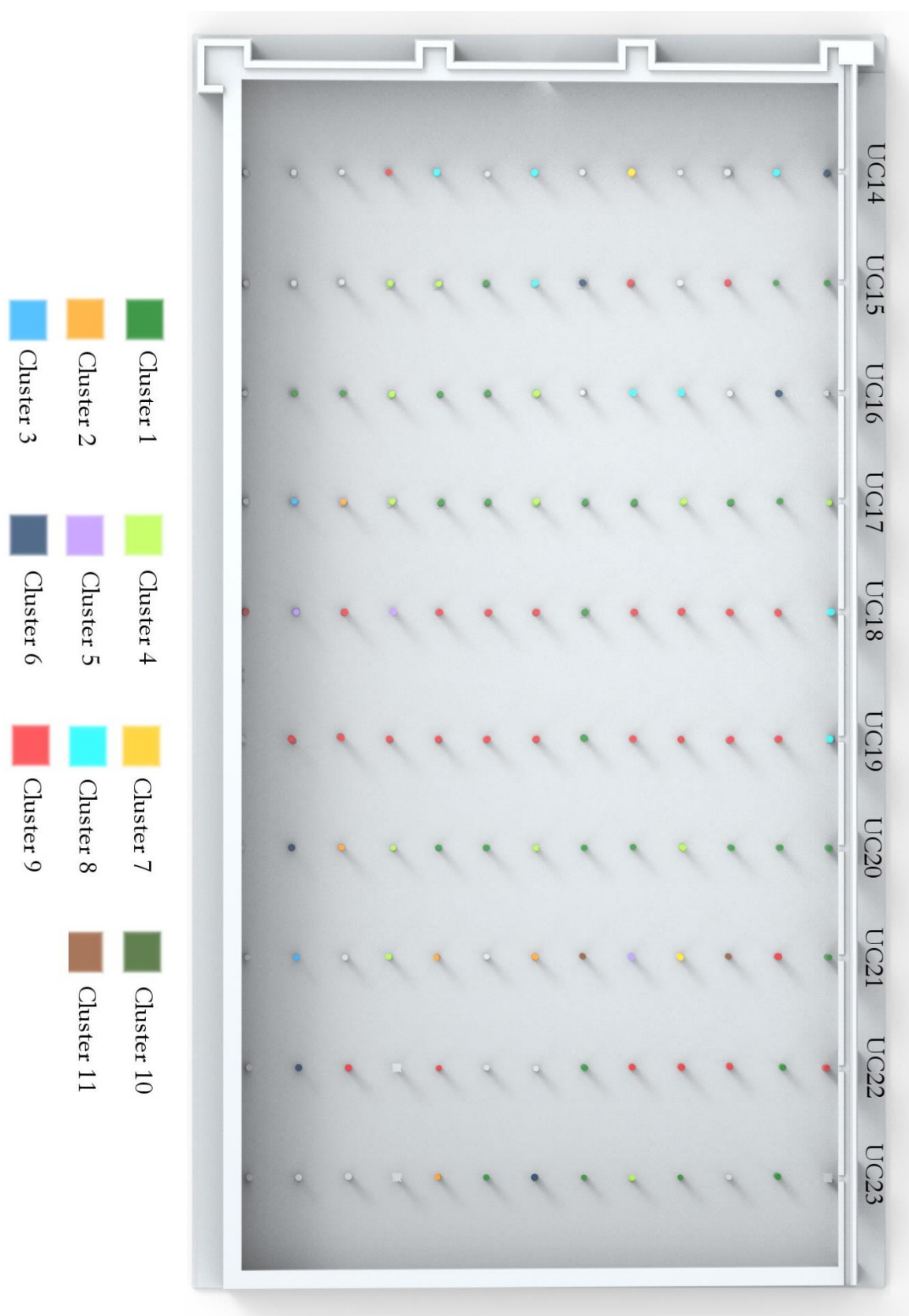


Figura 1.52. Planta de los Clúster de los fustes en la planta original.

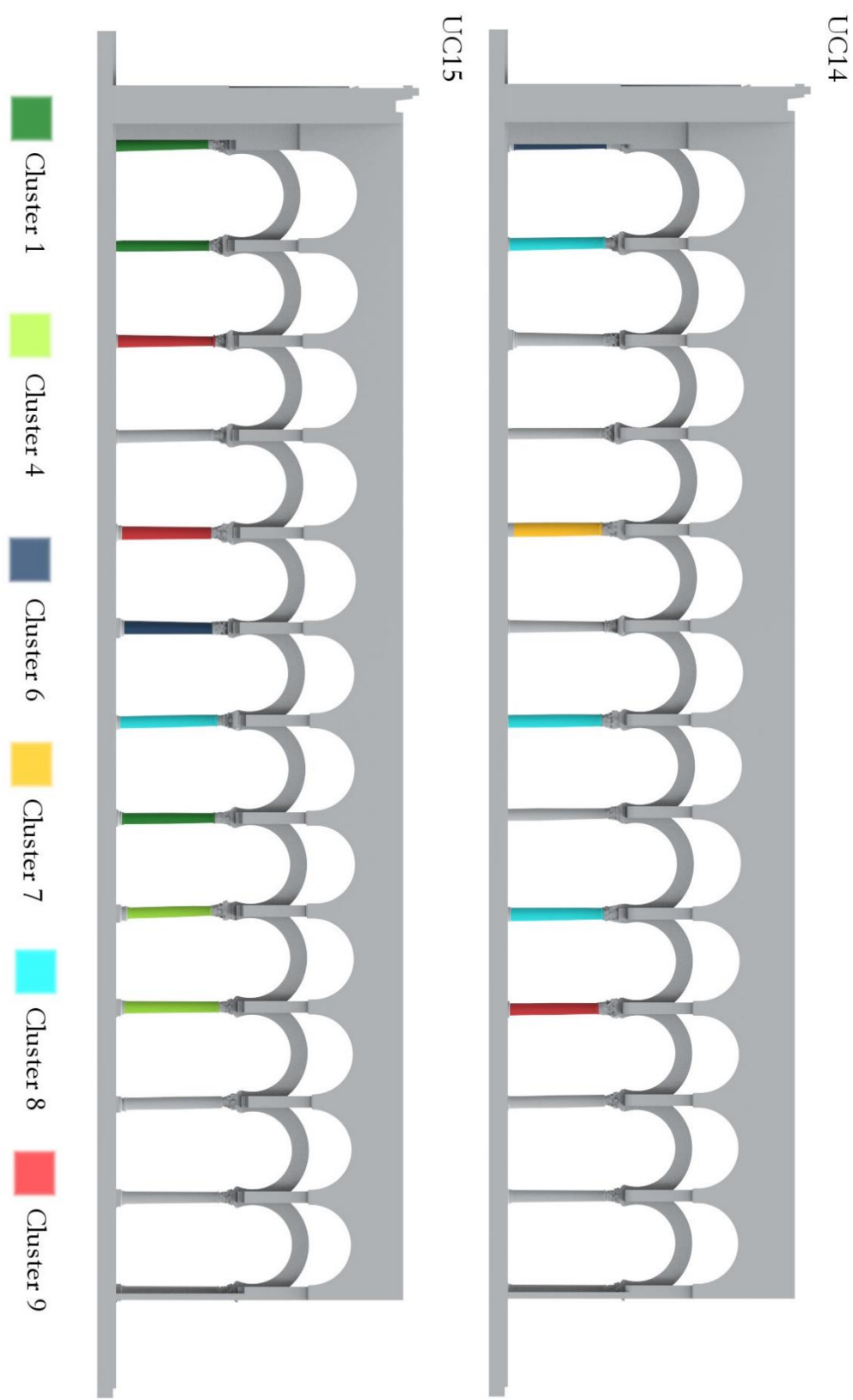


Figura 1.53. Alzado de las Unidades Constructivas (UC14-UC15) con los Clúster de los Fustes.



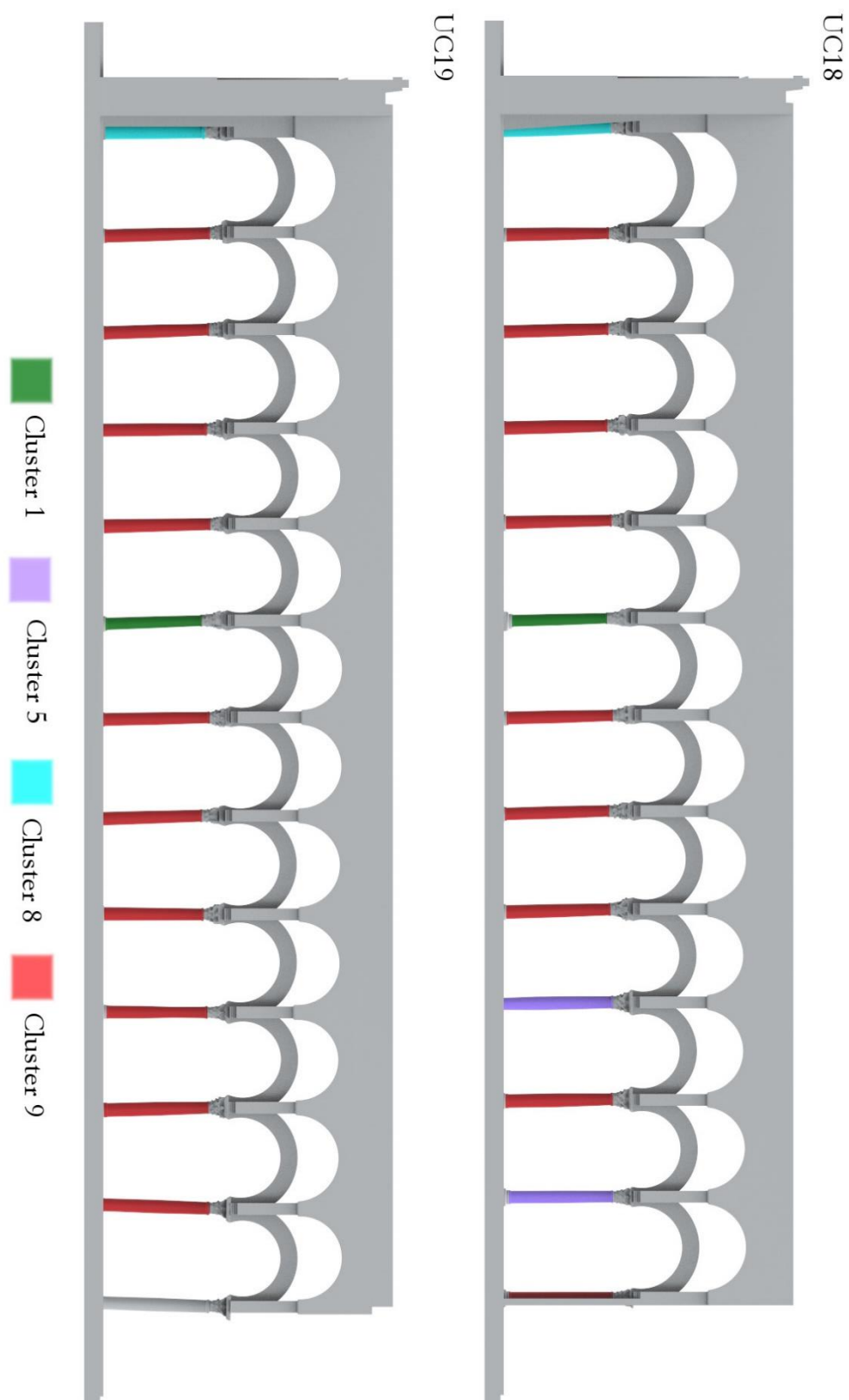


Figura 1.55. Alzado de las Unidades Constructivas (UC18-UC19) con los Clúster de los Fustes.

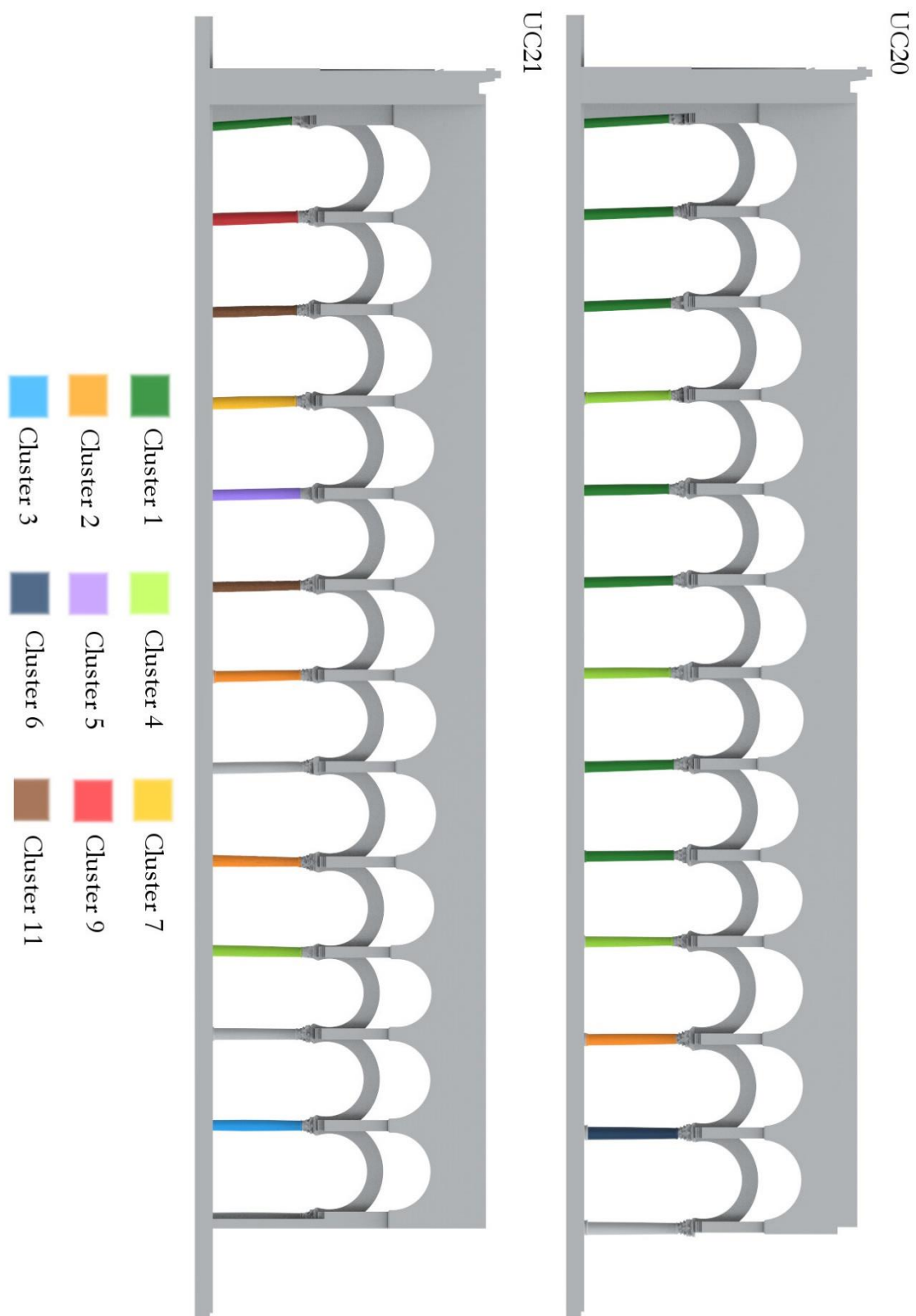


Figura 1.56. Alzado de las Unidades Constructivas (UC20-UC21) con los Clúster de los Fustes.

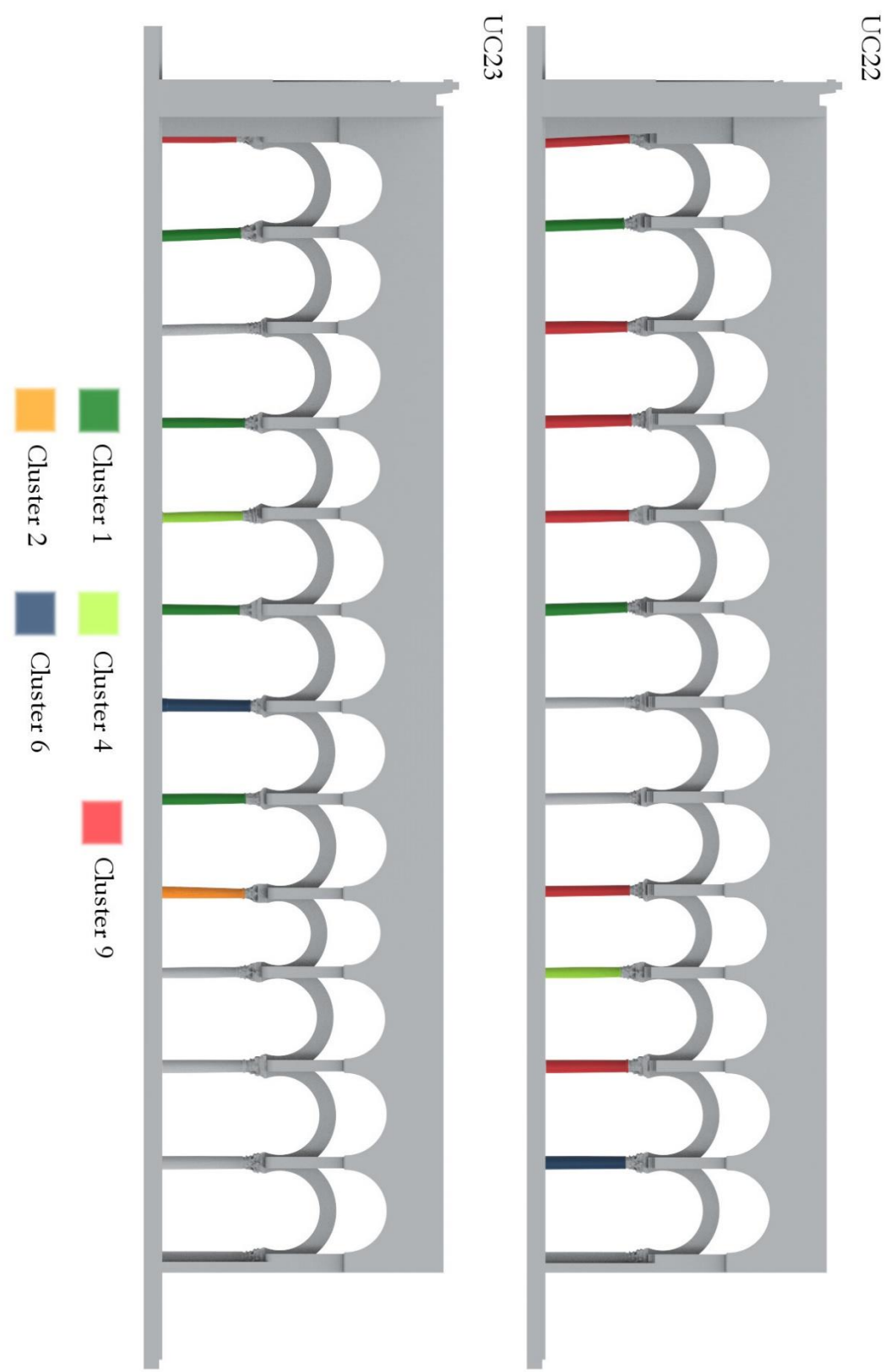


Figura 1.57 Alzado de las Unidades Constructivas (UC22-UC23) con los Clúster de los Fustes.

Conclusiones del capítulo

Tras los análisis estadísticos llevados a cabo a lo largo del capítulo se ha corroborado la utilidad del uso de métodos estadísticos aplicados al patrimonio y la arqueología.

En primer lugar, se ha conseguido hallar un conjunto de relaciones entre las distintas medidas de la planta de los alminares. Estudio que ha llevado a encontrar una posible muestra de la búsqueda de eficiencia en este tipo de construcciones y la influencia negativa de los cambios de gobierno y militares. Además, el trabajo servirá para ayudar en la futura datación de alminares al tener ya una base estadística sobre la cual trabajar, estos resultandos han llevado a la publicación de un artículo (Ortiz-Cordero e Hidalgo, 2017).

Las conclusiones obtenidas del análisis de los alminares servirán como base para la reconstrucción virtual del primer alminar de la mezquita de Córdoba, el construido por Hishām I, hijo de ‘Abd al-Rahman I. Esta reconstrucción será estudiada en el Capítulo 3.3. El alminar de Hishām I

Por otra parte, se ha conseguido agrupar cimacios, capiteles y fustes pertenecientes a diferentes edificios romanos o tardoantiguos. Aunque sin poder concretar su procedencia exacta, creemos que las grandes agrupaciones de fustes y capiteles encontrados pudieron pertenecer al Complejo Basical de San Vicente, ubicado en el mismo sector en el que se construyó la mezquita. Estos resultados han ayudado a ampliar el conocimiento de este importante sector de la Mezquita-Catedral de Córdoba.

La elección de este capítulo como abertura de la presente tesis se debe a la importancia y utilidad del uso de los métodos estadísticos aplicados al Patrimonio. Tanto para su investigación, reconstrucción planimétrica o tridimensional, como para su restauración. El uso de estos métodos tiene un campo amplio dentro del patrimonio y la arqueología, pudiendo aplicarse a infinitud de trabajos la metodología aquí seguida.

Tras los resultados obtenidos creemos firmemente que antes de comenzar cualquier reconstrucción deben recopilarse todas las medidas necesarias e intentar, mediante el uso de métodos estadísticos, encontrar relaciones y proporciones que por una parte ayuden a generar nuestra reconstrucción virtual. Y, por otro lado, aporten una base científica al mismo.

Esto será algo que se repita a lo largo de la presente tesis. Las reconstrucciones virtuales llevada a cabo por los distintos técnicos debe tener una base científica que las soporten. Por tanto, para llevar a cabo un buen trabajo de reconstrucción virtual con carácter científico deberemos en primer lugar estudiar sus dimensiones, relaciones y proporciones.

CAPÍTULO 3.2. MATEMÁTICAS Y GEOMETRÍA



Dibujo de la decoración del Mihrab de al-Hakam II, 1856, F. Parcerisa Boada (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).

Capítulo 3.2. Matemáticas y Geometría en la Edad Media

3.2.1. Introducción

Tras el estudio y análisis, Capítulo 3.1, de la estadística aplicada al patrimonio, y vista su importancia con la finalidad de llevar a cabo estudios y reconstrucciones tridimensionales, el segundo capítulo está dedicado a las Matemáticas y la Geometría durante la Edad Media. No pretende ser este capítulo un estudio pormenorizado de los conocimientos en Matemáticas y Geometría existentes a lo largo de toda la Edad Media, ya que dicho estudio supondría una tesis en sí mismo.

Este capítulo por tanto tiene dos objetivos. En primer lugar, hacer una breve recopilación de los conocimientos en matemáticas y geometría en la Edad Media, así como de los estudios ya llevados a cabo en este sentido en la Mezquita Catedral de Córdoba. De forma que se obtenga una visión general de los conocimientos y las limitaciones de los arquitectos medievales. Por otra parte, el segundo objetivo es buscar el trazado geométrico de las ventanas de arcos de tipo gemelo utilizados en los alminares, haciendo uso para ello únicamente de compás, escuadra, cartabón y los puntos notables o intersecciones entre circunferencias y triángulos. Este trabajo junto al llevado a cabo anteriormente con las relaciones y proporciones de los alminares permitirán en el Capítulo 3.3 reconstruir tridimensionalmente el alminar de Hixem I, Córdoba.

3.2.2. Matemáticas y Geometría

Como expone en su estudio Ruiz de la Rosa, tras la caída del Imperio Romano los conocimientos en matemáticas se redujeron prácticamente a la geometría de Euclides y a las matemáticas de Pitágoras, (Ruiz de la Rosa, 1987). En esta época, eran muy pocos los afortunados que podían dedicarse al estudio de la geometría o las matemáticas. Ello no quiere decir que los arquitectos y artesanos no supiesen, a su manera, las leyes o relaciones que estaban utilizando en sus creaciones.

Hay diversas ediciones en árabe, con comentarios, del libro de Los Elementos, lo cual demuestra la influencia de Euclides en las matemáticas árabes y especialmente en su geometría. En cuanto a los grandes matemáticos de inicios de la Edad Media encontramos a Bocio, Casiodoro e Isidoro de Sevilla, (Ruiz de la Rosa, 1987). El primero de ellos vivió entre el año 480 y el 525 A.D. y transmitió los trabajos de geometría y aritmética de Euclides, Nicómano y Ptolomeo. Casiodoro (490-583) recoge algunos conocimientos grecorromanos además de citar los diez libros de arquitectura escritos por Marco Vitrubio Polion, (Vitrubio, 1787).

Isidoro de Sevilla vivió entre los años 570 y 636 A.D. y se dedicó a recopilar todos los conocimientos sobre ciencia, técnica y religión entre otros, existentes en su época. Todos ellos recogieron los textos matemáticos y los usaron de forma teórica, en ningún momento intentaron aplicarlo a la construcción o al diseño de maquinaria.

En el siglo VIII fue traducido al árabe por la Casa de Wisdom, en Bagdad el libro “Los Elementos” de Euclides. Libro en el que basaron sus estudios gran cantidad de matemáticos árabes. Además de Euclides, los árabes tenían en gran estima el trabajo llevado a cabo por Arquímedes. Además, se tradujeron los trabajos de otros matemáticos griegos e hindús. Por otro lado, también trabajaron sobre el texto de Apolonio de Pérgamo, “Las cónicas”, escrito en el año 200 a.C. De este libro de ocho capítulos, solo se conservan cuatro en griego y

siete en árabe. Fueron los matemáticos árabes y los traductores los encargados de conservar y transmitir los conocimientos de estos 3 grandes matemáticos. Durante los siglos IX-XII serían difundidos en al-Andalus los conocimientos de los matemáticos clásicos, los cuales habían sido copiados y transcritos al árabe.

Las matemáticas estudiadas por los árabes vinieron de tres vertientes diferentes; los matemáticos griegos, los matemáticos hindús y las matemáticas prácticas. Los matemáticos hindús aportaron el sistema de numeración, mediante el uso de nueve marcas y un punto para el espacio vacío, (el número cero), así como también métodos algebraicos, trigonometría y problemas de astronomía. Las matemáticas prácticas son las referidas a aquellas usadas por los artesanos, canteros, constructores, arquitectos, mercaderes y agentes de aduanas entre otros. Estas matemáticas forman parte de la tradición oral de cada gremio.

Tal y como expone en su trabajo Rogers, el matemático *Abu 'Abdullah Muhammad Ibn Musa al-Khwariami* es considerado el padre del álgebra, gracias a sus estudios realizados en este campo. Este matemático vivió entre el año 800 - 847, (Rogers, 2008). Aunque el origen del álgebra se remonta hasta los antiguos egipcios y babilonios, no alcanzará un verdadero desarrollo hasta la edad media de mano de los matemáticos árabes.

Aunque su gran aportación a las matemáticas fue en el campo del álgebra, también hizo avances y grandes aportes en otros campos, como en la astronomía, siendo uno de los desarrolladores del astrolabio y escribiendo cientos de tablas astronómicas. Además, escribió un libro de geografía en el cual marcaba las longitudes y latitudes de las distintas ciudades, basándose eso sí, en el mapa del mundo dibujado por Ptolomeo.

Hizo también una aportación en el calendario, definiendo de forma precisa el calendario judío. Además, escribió el primer libro de aritmética en el cual aparece la numeración decimal, incluyendo el número cero, una de las grandes innovaciones importadas de la India.

En cuanto al álgebra, en los textos que se conservan y según traduce al inglés (Rogers, 2008), el matemático escribía sus cálculos de la siguiente forma:

«I have divided ten into two portions. I have multiplied the one of the two portions by the other. After this I have multiplied one of the two by itself, and the product of the multiplication by itself is four times as much as that of one of the portions by the other»

Este párrafo en notación científica sería tal y como sigue:

$$x^2 = 40x - 4x^2$$

$$5x^2 = 40x$$

$$x^2 = 8x$$

$$x = 8$$

al-Khwariami presenta la solución para todos los tipos de ecuaciones lineales y cuadráticas de alguno de los seis tipos siguientes:

$$ax^2 = bx$$

$$ax^2 = b$$

$$ax = b$$

$$ax^2 + bx = c$$

$$ax^2 + c = bx$$

$$ax^2 = bx + c$$

Algebra de *al-Khwariami* se hizo popular tan pronto como fue publicado, siendo comentado por diversos matemáticos árabes durante la vida del propio *al-Khwariami*. Su libro empezó a ser usado en Europa cuando Adelard de Bath (1120 d.C.) y Robert de Chester (1140 d.C.) comenzaron a traducir al latín los trabajos de los matemáticos árabes, (Rogers, 2008). William de Luna tradujo Algebra al italiano a principios del siglo XIII, esta traducción fue utilizada por estudiosos hasta el siglo XVI.

Años más tarde, *al-Carchi* introdujo en matemáticas el número irracional, hasta el momento inexistente en las matemáticas. Escribió varios textos en los que desarrolla expresiones algebraicas como, $5x^6 - (2x^2+3)$.

Además, escribió su libro de los cuadrados, en el cual resolvía la ecuación cúbica varios siglos antes que la propuesta por Ferro, aunque con fallos. Abu Sahl vivió en torno al año 940 d.C. y está considerado uno de los mejores geómetros del siglo X. Escribió tratados de geometría y astrología, así como la explicación del diseño de un heptágono regular. Aunque su contribución más importante a las matemáticas fue la de proveer de soluciones a problemas “imposibles” sin conocer teoría matemática. De la misma época es el matemático Ibrahim ibn Sinan, nieto del famoso matemático y traductor de Arquímedes Thabit ibn qurra. Su trabajo, “Dibujo de las tres secciones cónicas” es una discusión, con ejemplos, de cómo dibujar la parábola y la elipse. Además, expone tres métodos diferentes para dibujar la hipérbola, (Rogers, 2008).

En Europa no es hasta el siglo XIII cuando Leonardo de Pisa o Fibonacci introduce su famosa sucesión:

$$1+1+2+3+5+8+13+21+\dots$$

Otro importante matemático, astrónomo, diseñador e innovador de instrumentos astronómicos fue *Kâshânî*. Nació en *Kâshân* en 1387 y murió en 1429 d.C. junto al observatorio de *Samarkand* el cual había diseñado y dirigido, (Taheri, 2009).

Kâshânî escribió el libro “Las claves de la aritmética”, en el que se recopilaban diversos textos, pero que además los clasificaba entre los textos teóricos, dedicados al uso de los matemáticos, y los textos prácticos, usados para la arquitectura. Uno de los capítulos de este libro es el dedicado a la medida de superficies y volúmenes de formas geométricas y su aplicación en la arquitectura. En él define los distintos tipos de arcos, bóvedas, etc... También añadió tablas para calcular la superficie de polígonos equiláteros en función de uno de sus lados, todo esto simplemente multiplicando el lado por un número, Figura 2.1 y Figura 2.2.

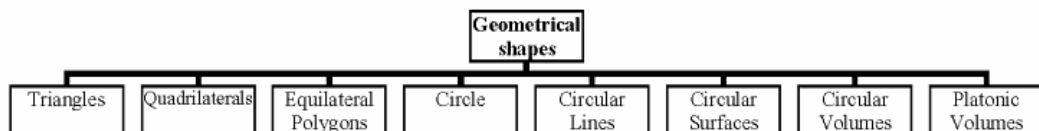


Figura 2.1. Clasificación de la geometría. (Taheri, 2009).

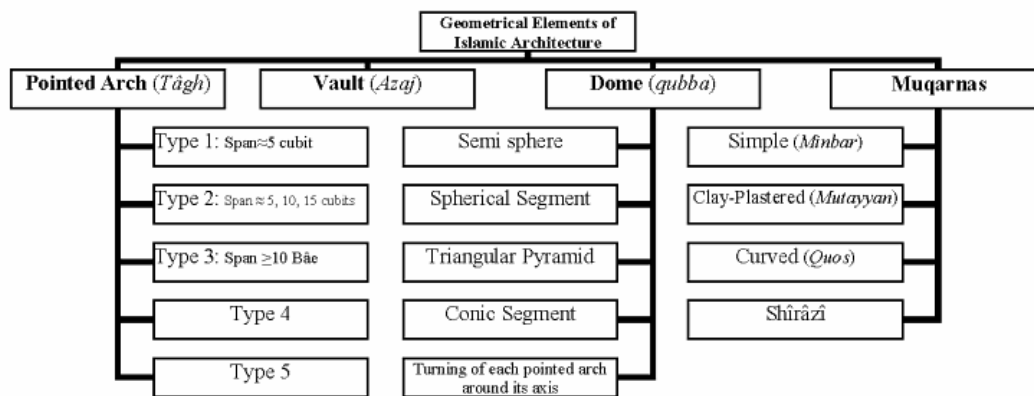


Figura 2.2. Clasificación en función de su uso en la arquitectura. (Taheri, 2009).

En este libro describió cinco métodos para el dibujo de distintos tipos de arcos utilizados en la construcción, Figura 2.3 y Figura 2.4. Además, entre sus cartas figuran los trabajos prácticos para los que fue solicitado debido a su gran conocimiento en matemáticas. Uno de ellos es el referente al diseño de un reloj solar sobre un muro de mármol en el palacio real.

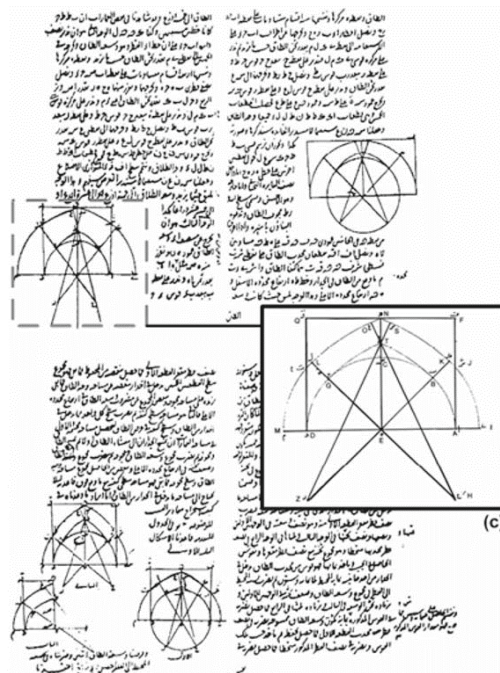


Figura 2.3. Página del libro de Kâshânî y redibujado por Dold-Samplonius. (Ashkan, 2010)

El segundo trabajo para el que se reclamó su conocimiento fue para el diseño, y lugar de ubicación en el muro de quibla de un mihrab, de forma que durante todo el año al mediodía entrase un rayo de luz que anunciase la hora de llamada a oración. Para hacer esto, Kâshânî sigue el procedimiento de la Figura 2.5, (Taheri, 2009).

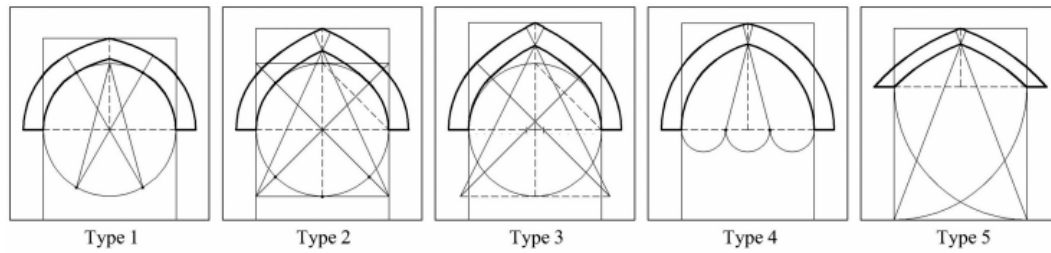


Figura 2.4. Recopilación de los 5 tipos de arco recogidos en el libro de Kâshânî. (Taheri, 2009).

«In Abû-Hanîfa's sect, when the length of a vertical gnomon's shadow on a level surface reaches twice the height of that gnomon, it is the time of afternoon prayer; in other words, the height angle of sunshine should reach to 26.6° . The locus of sun lights passing through the end point of the gnomon and making the given angle is an empty circular cone (Figs. 2.5.1-2). In the stereographic diagram of Samarkand, in all afternoons of the year, the azimuth angle of the sun varies within the 65° between 220° and 285° (Fig. 2.5.3).

Therefore a section from the thin surface of this cone is the locus that includes all the required extensions of sun lines; and gathers the lines all in one vertex (Fig. 2.5.4). If we subtract this thin volume from a one meter thick wall, (which is perpendicular to Kiblah extension), the required crack would be achieved (Figs. 2.5.5-6). Kennedy [1960; cf. Bagheri 1997: 252-253] has assumed the vertex of this cone was located at the outer side of the wall; but due to Kennedy's belief, contrary to what was needed, there would be a slot at the outer side, and a hyperbolic crack in the inner side to the mibrâb.

On the other hand, the cone vertex could not be located at the outer surface of the wall. It seems that Kâshânî has first made this cone-shape section with other materials, like metal, and then set it up in the wall»

Una de las construcciones islámicas datadas del siglo IX es el Mausoleo de *Ismail Samanid*, *Bukhara*, cuyo diseño geométrico fue realizado por tres célebres matemáticos, *al-Khorezmî*, *al-Fargani* e *Ibn-Sino*.

Entre los años 1126-1151 el obispo de Toledo, Raimundo, funda la escuela de traductores que transcribirán todos estos conocimientos del árabe al latín, difundiendo así los textos por el resto de Europa y que hasta el momento no estaban o se encontraban incompletos. Gracias a esto y como bien expone Ruiz de la Rosa, la transcripción fue necesaria para el posterior desarrollo del arte gótico en Europa, (Ruiz de la Rosa, 1987). Durante esta etapa de la Edad Media, y previa a la llegada del Renacimiento y sus matemáticos europeos, el uso de la *geometría fabrorum*, es decir, geometría práctica se mantuvo en uso, transmitiéndose de forma oral dentro de cada uno de los gremios. Estas matemáticas y geometría, aunque puedan parecer simples no lo eran en aquella época, más aún cuando los gremios tenían en secreto sus procedimientos.

“El hombre ha encontrado a través de la utilización de la geometría (...) basada en el círculo, un método perfecto para diseñar sin recurrir a complicados cálculos matemáticos.” (Issam & Parman, 1976).

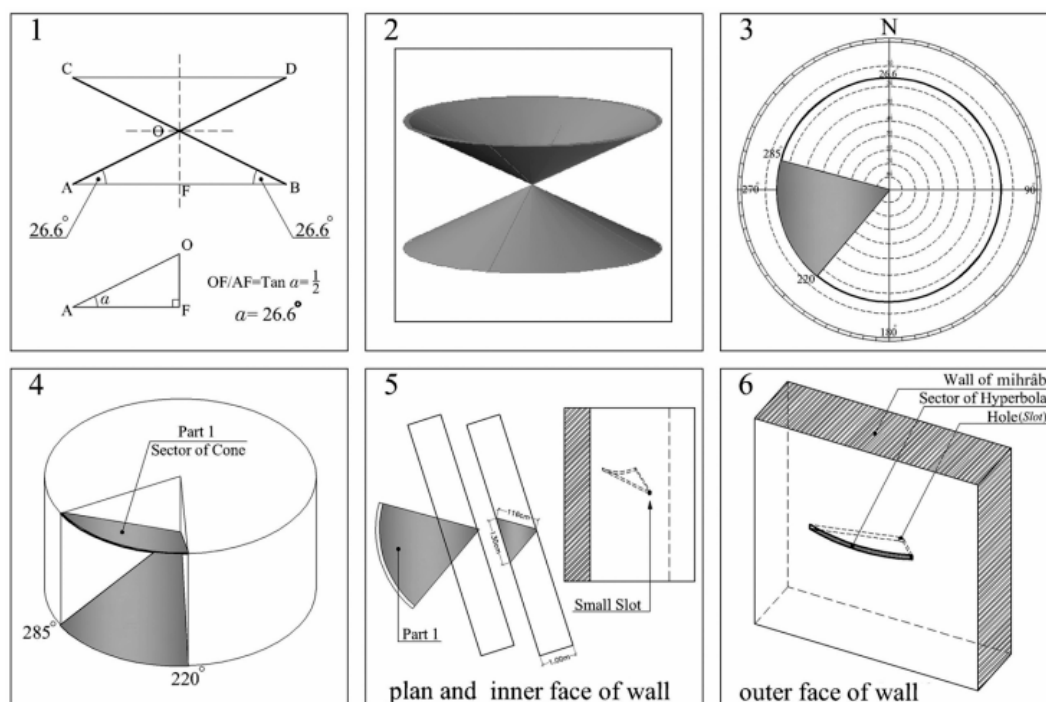


Figura 2.5. Procedimiento para la ubicación del Mihrab. (Taheri, 2009).

Otra importante obra llevada a cabo en el siglo XIII es el Cuaderno de notas de *Villard de hōnnecourt*, el cual dibujó y escribió acerca de trabajos de arquitectura realizados en la época. Estos dibujos, lejos de tener cotas o dimensiones, se basan en las relaciones geométricas obtenidas mediante el uso del compás, la escuadra y el cartabón. Figura 2.6.

Mientras los maestros canteros transmitían sus conocimientos mediante el uso de la geometría, la mayoría heredada de épocas de mayor esplendor, los monjes y estudiosos buscaban siempre la transmisión de la geometría, pero buscando patrones métricos y módulos. Como se ve, hay una clara diferenciación entre ambos métodos, que disminuirá durante el gótico, momento en que además de la geometría, debido a la altura de este nuevo estilo, serán necesarias las matemáticas y los patrones métricos, estableciendo fórmulas que relacionen unos elementos arquitectónicos con otros. A este tipo de geometría se la conoce como *Geometría Fabrorum* y será uno de los avances más importantes en geometría durante el gótico.

Para finales del siglo XIII aparecen los primeros manuscritos acerca de geometría práctica escritos por maestros de los gremios, siendo una de las primeras “*Pratike Geometrie*”, la cual está escrita en picardo⁶ y no en latín, (Ruiz de la Rosa, 1987).

A finales del siglo XIV aún se seguía usando la numeración romana, prueba de ello es que durante la construcción del Duomo de Milán hizo falta la pericia de un matemático, *Stornaloco*, para el cálculo de las alturas de las diferentes bóvedas y arquerías, ya que el maestro cantero no tenía conocimientos en números irracionales, necesarios para calcular la altura de un triángulo, Figura 2.7 y Figura 2.8. Estas operaciones que en la actualidad son fáciles de resolver con un simple teléfono móvil, en la época requerían de un experto matemático, e incluso éste tenía dificultades con números complejos o decimales. Debemos tener en cuenta que el cálculo de números irracionales se hacía mediante aproximación con tablas de cuadrados y fórmulas, misma forma de calcular que la utilizada siglos antes por Arquímedes.

⁶ Dialecto procedente del francés antiguo, que se habla en Picardía y en parte de la región belga de Hainaut.

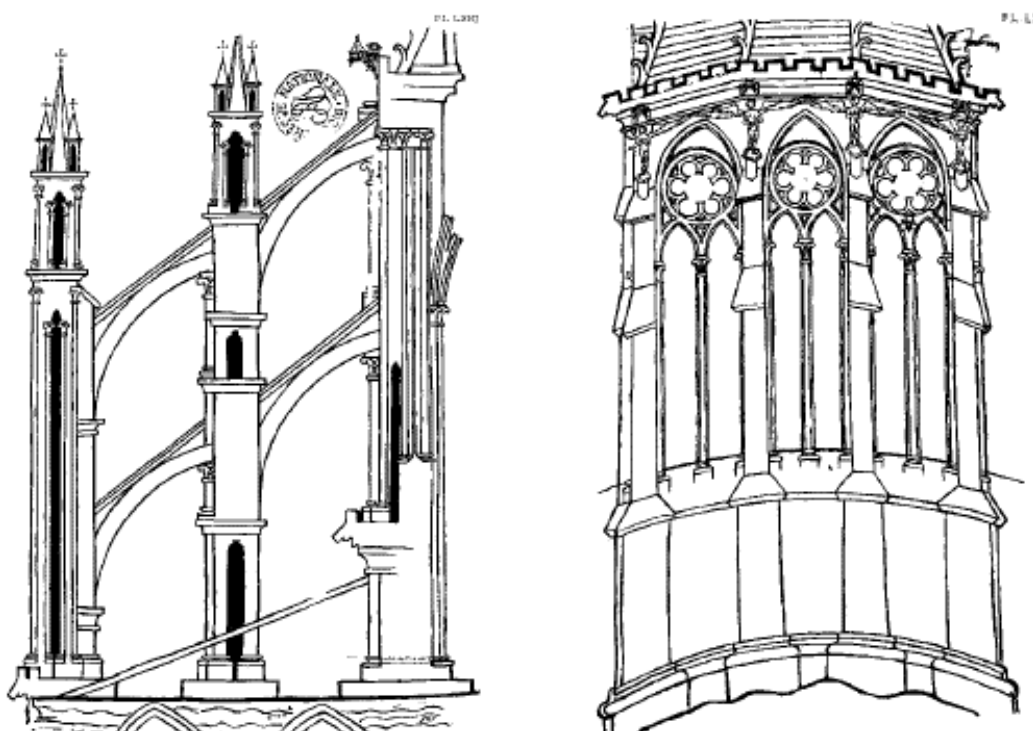


Figura 2.6. Dibujos del Cuaderno de notas de *Villard de hónnecourt*.

El texto que proporcionó *Stornaloco* y que transmite en su libro Ruiz de la Rosa es el que sigue,

« Erit ergo línea AD quae est altitudo summitatis eclexi radix DC DCC MXX / XXVII sesãra / quia trigesime quod est aliquid minus de LXXXIII⁷ ».

Como se puede observar, la dificultad era aun mayor ya que además de tener que realizar el cálculo de números irracionales, había que realizarlos con números romanos. Por este motivo, siempre se intentaba recurrir al uso de números enteros lo más sencillos posibles. De esta forma la altura máxima debía ser menor de 84 codos, siendo la altura del arranque de las demás bóvedas de 28, 42, 56 y 70 codos, medidas todos múltiplos de 7, vara utilizada para las medidas verticales.

La traza de edificios antiguos se basaba en el uso de la geometría hasta el gótico. Siendo los edificios anteriormente trazados únicamente mediante el uso de los instrumentos de dibujo básicos y los polígonos regulares como el triángulo equilátero, el círculo y el cuadrado entre otros. Esta geometría es muy simple actualmente, pero en la Edad Media tenía una gran complejidad y solo los estudiosos y los maestros canteros eran capaces de manejar con pericia suficiente como para trazar sus diferentes arquitecturas.

⁷ “Por tanto la línea AD, que es la altura del punto más alto de la iglesia, será la raíz 600 700 1020 (27) sesara porque es un treintavo, lo que es algo menor que 84”, (Frankl, 1945). El texto explica que la línea AD, que es la altura máxima de la iglesia, debe medir aproximadamente 84 codos milaneses para un ancho de fachada de 96 codos. De esta forma se podría medir con varas de 8 codos en horizontal, (12 veces) y con varas de 7 codos en la vertical, (12 veces), facilitando de este modo la construcción de la Catedral, (Ruiz de la Rosa, 2000).



Figura 2.7. Proyecto presentado por Sornaloco para la construcción del Duomo de Milán.
(Castellano, 1983).

Este uso sencillo de los números y la geometría se puede empezar ya a vislumbrar en los distintos alminares estudiados en el Capítulo 3.1. Por un lado, se han analizado varios alminares cuyas medidas de base y altura son números enteros, como por ejemplo los alminares de *Ibn Adabbas*, Sevilla, *Hishām I*, Córdoba o *Madinat al-Zabra'*, Córdoba, los cuales tenían una base de 10 codos y una altura total de 40 codos. Y que como se vio en el estudio de dimensiones y tipos de codo, la mayor parte de los alminares se adaptan en números exactos a alguno de los diferentes tipos de codo utilizados en la época. Asimismo, la arquitectura de los alminares es de un trazado muy sencillo, planta cuadrada, con disposición interior también cuadrada o circular y segundo cuerpo del mismo tipo.

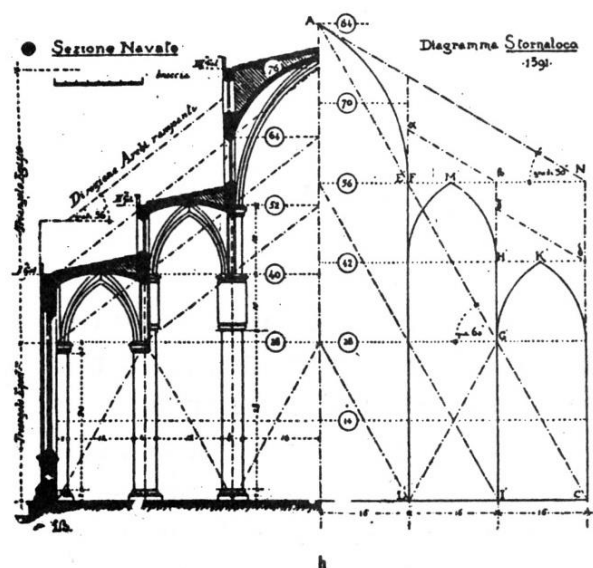


Figura 2.8. Restitución del proyecto de Sornaloco por Frank, P. (Frank, 1945).

Según Ruiz de la Rosa el conocimiento en geometría a finales del siglo XV se reduce a las siguientes fórmulas; determinar dos rectas perpendiculares entre sí, trazado de un pentágono, heptágono y octógono regular, cálculo gráfico del desarrollo de una

circunferencia, determinar el centro de un arco, y obtener un triángulo de área igual a de un cuadrado dado, (Ruiz de la Rosa, 1987).

El maestro constructor Lechler redacta a principios del siglo XVI un libro, *Unterweisung* (Enseñanzas), para transmitir sus conocimientos a su hijo, (Ruiz de la Rosa, 2000).

‘Estas instrucciones te he dado en más de un modo, pues si un aprendiz desea recibirlas es preciso enseñárselas de varios modos y mostrarle la planta correcta. Y cuando tu vienes a construir un gran edificio, o alguien busca tus servicios en lo que sabes hacer, es entonces adecuado y bueno que uno pueda usar una técnica y permitirse utilizarla. Ahora puedes trazar o hacer plantillas para molduras que te parezca bien y pueda soportar la piedra. Al principio de la construcción a veces ocurre que se hacen demasiadas molduras en las plantillas y se entra en dificultad con uno mismo y con la construcción. Piensa por lo tanto al principio los requerimientos que vas a tener en la obra y haz los cálculos en consecuencia... hazlo como yo lo describo, pero no escribo que tienes que hacerlo exactamente así pues otras cosas pueden ser mejor, entonces hazlo como tu pienses, sirve para todos si uno sabe utilizarlo’, (Lechler, 1516, fol. 45v).

3.2.3. Proporciones y Geometría en la Mezquita Catedral de Córdoba.

Uno de los primeros estudios realizados acerca del trazado y de las proporciones en la Mezquita-Catedral de Córdoba fue el escrito y publicado póstumamente por Emilio Camps Cazorla, cuyo trabajo parte de una premisa importante, los trazados y proporciones debían ser sencillos y deberían poder comprobarse empíricamente, (Camps Cazorla, 1953).

Sólo dos trazados de época musulmana han llegado a nuestros tiempos; el primero fue hallado por Ricardo Velázquez Bosco, arquitecto conservador de la Catedral de Córdoba, en *Madinat al-Zahra'*, traza que recoge Camps Cazorla y que se puede ver en la Figura 2.9. Ésta fue hallada, incompleta, grabada en uno de los muros del llamado Camino de Ronda, actualmente por desgracia perdida.

La segunda de estas trazas fue hallada por Manuel Gómez Moreno durante la restauración del Arca Santa de Oviedo, la cual sufrió desperfectos durante las revueltas de 1934, cuando pusieron una bomba y destruyeron parte de la iglesia. En dicha arca apareció grabado un arco lobulado con las trazas del compás sobre la madera. Esta traza está fechada en siglo XI y es posterior a la encontrada por Velázquez Bosco. Igualmente, se nota como el tracista hizo corrección ya que no debió de tener un gran manejo o conocimiento del trazado de arcos lobulados, Figura 2.10, (Camps Cazorla, 1953).

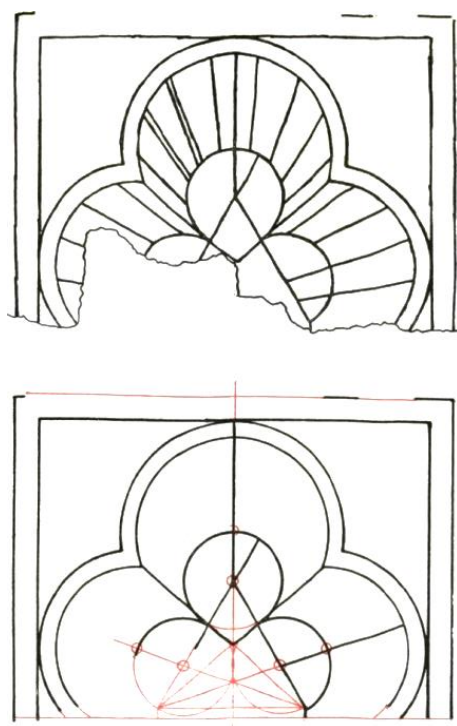


Figura 2.9. Traza antigua de un arco lobulado, Madinat al-Zahra'. Debajo, estudio del trazado de sus centros. (Camps Cazorla, 1953, Fig. 58 y 59).

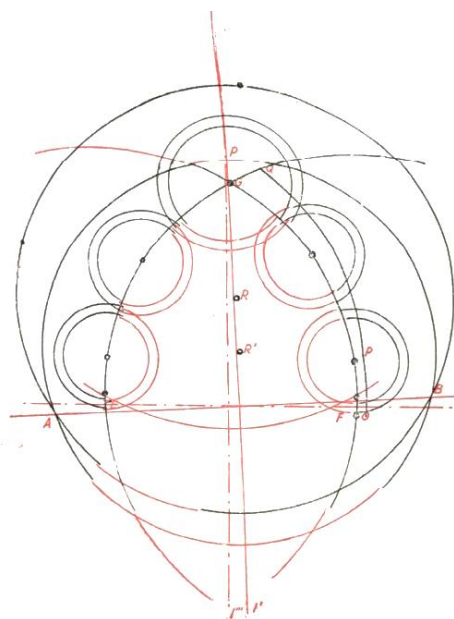


Figura 2.10. Traza de arcos lobulados grabada en el Arca Santa de Oviedo, junto a ella se presenta una copia de la misma traza, (Camps Cazorla, 1953).

En su libro Camps Cazorla analiza la proveniencia del arco de herradura, del cual se encuentra un primer ejemplar en el pórtico del monumento de Santa Eulalia de Bóveda, cerca de Lugo, construido a finales del siglo III. Y es que el arco de herradura era ya un elemento de decoración muy utilizado por los arquitectos o maestros canteros hispanovisigodos. Una cita muy importante escrita por Camps Cazorla es la siguiente:

«Esta persistencia de caracteres constructivos desde lo hispanovisigodo no constituye propiamente una sorpresa, puesto que, si las condiciones de premura de tiempo y rapidez con que se hizo la parte

primitiva de la Mezquita llevaron, por una parte, al empleo abundantísimo de material aprovechado, por otra tuvieron que llevar, indudablemente, al uso abundante, no ya de la mano de obra indígena, sino de tracistas del mismo origen. Es cada vez más claro que la primitiva Mezquita ha de considerarse constructivamente como obra netamente española, nacida sobre precedentes de aquí mismo, aunque ello no pueda conducir nunca a disminuir la parte que sucesivamente tienen las influencias orientales y africanas.»

Otro claro ejemplo de la presencia del arco de herradura en la arquitectura visigoda es el ubicado en la iglesia de San Juan de Baños, Palencia, en la cual encontramos arcos de herradura de distintas dimensiones, Figura 2.11. Esta iglesia fue construida en el año 661 por el rey Recesvinto y las arquerías de la primitiva mezquita repiten el mismo esquema y sistema constructivo que las encontradas en la iglesia, (Camps Cazorla, 1953).

Uno de los ejemplos que expone Camps Cazorla y que es de vital importancia para el presente trabajo son las ventanas gemelas de San Pedro de la Nave, iglesia visigoda fechada en el último tercio del siglo VII. La herradura de estos arcos se encuentra prolongada $1/3$ por debajo del centro del arco, al igual que el arco de herradura visto en San Juan de Baños. Esto da una proporción entre flecha y diámetro de $2/3$, proporción, como ya estudió Félix Hernández, igual a la existente en el arco interior de la Puerta de los Deanes de la Catedral de Córdoba datado en el siglo VIII, Figura 2.12, (Hernández Giménez, 1975).

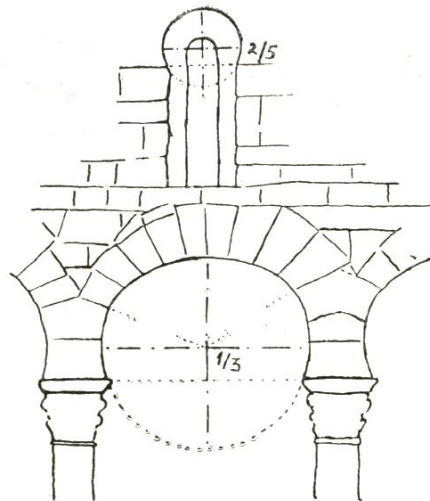


Figura 2.11. Arco de herradura de San Juan de Baños con proporción flecha/diámetro $2/3$. (Camps Cazorla, 1953).

En cuanto a las arquerías de la mezquita primitiva, Camps da su trazado de los arcos, que no de las arquerías completas. En este caso, y al igual que antes, la proporción entre flecha y diámetro vuelve a ser de $2/3$. Además, el autor llega a la conclusión que la línea de arranque de los arcos de herradura se encuentra a mitad de camino entre el suelo y el techo de la mezquita. Esto puede verse según Camps en la zona que el arquitecto conservador Félix Hernández rebajó el pavimento a su nivel original, Figura 2.13.

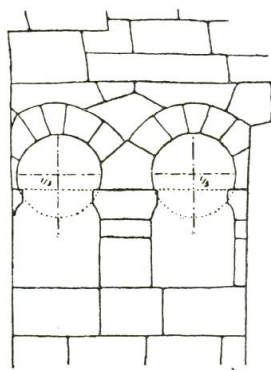


Figura 2.12. Arcos gemelos de la iglesia de San Juan de Baños. (Camps Cazorla, 1953).

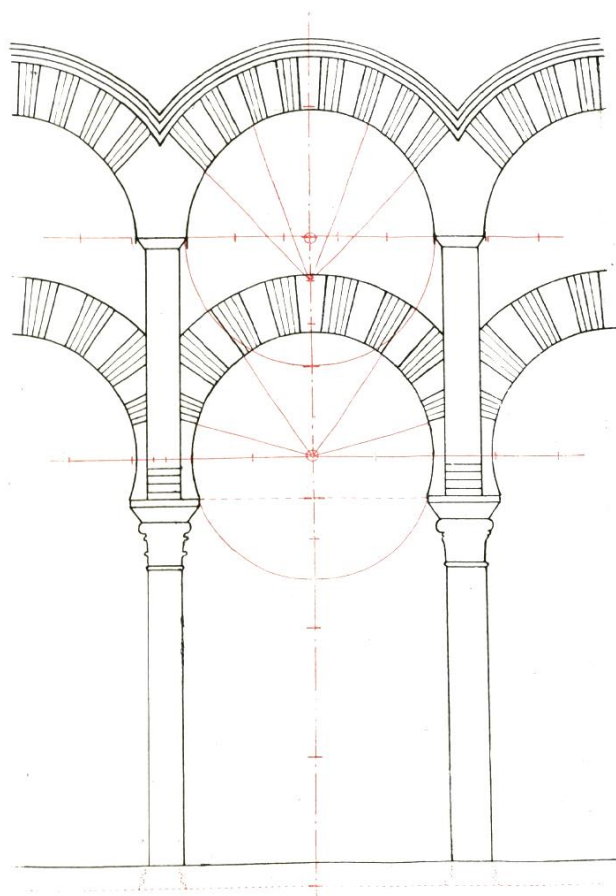


Figura 2.13. Trazado de los arcos de la primitiva Mezquita de Córdoba. (Camps Cazorla, 1953).

Camps realiza el trazado del resto de arcos de la antigua Mezquita de Córdoba, incluyendo los distintos arcos lobulados. Para ello, el autor se basa en un módulo que se va repitiendo en todo su trazado. Aunque su trabajo tuvo una gran repercusión y fue de vital importancia, se centraba únicamente en el trazado de los arcos y sus dovelas, pero no del conjunto en el cual se encuentran ubicados, y que es importante para entender el trazado y proporción de los mismos.

Posteriormente, el Catedrático de Historia del Arte Musulmán de la Universidad de Granada, Antonio Fernández Puertas, realizó numerosos estudios acerca de la antigua mezquita de Córdoba. Algunos de estos estudios tratan acerca del posible trazado utilizado por el arquitecto o maestro cantero que diseñó y estuvo al cargo de la construcción del templo. Según Fernández Puertas, el arquitecto, tras realizar el trazado sobre papel, aunque

siendo en pleno siglo VIII bien pudo ser sobre tabla, dibujaría sobre el terreno con cal y a escala 1:1 el trazado de la mezquita para que los obreros supiesen la ubicación de las cimentaciones de los muros, (Fernández-Puertas, 2008).

Además, utilizarían cuerdas y estacas para trazar sobre el terreno los ejes y puntos donde irían colocadas las columnas, este método fue muy utilizado a lo largo de toda la Edad Media y actualmente se sigue utilizando en algunas edificaciones.

Todos los muros exteriores de la mezquita se encontraban enfoscados fingiendo sillares blancos, los cuales no coincidían con la sillería real. De estos muros encalados el arquitecto Félix Hernández encontró restos durante las excavaciones efectuadas en el muro oriental de la mezquita primitiva, derruido durante la ampliación de Almanzor, Figura 2.14.



Figura 2.14. Restos del enfoscado del muro oriental de la mezquita primitiva. (Nieto Cumplido, 2007).

En su estudio, Fernández expone el trazado de la mezquita primitiva haciendo uso de escuadra, cartabón y compás. Dibujó de forma simple la anchura de las once naves que formaban el oratorio, estas naves debieron ser las originales como ya han expuesto diversos investigadores, desde Hernández (Hernández Giménez, 1961) hasta Pedro Marfil (Marfil Ruiz, 2010).

A la existencia de las once naves en la primitiva mezquita se opone Pavón Maldonado, (Pavón Maldonado, 2001) y en su posterior monografía (Pavón Maldonado, 2009). Haciendo uso de los textos árabes y de diversos razonamientos, Pavón llega a la conclusión de que la fase primitiva de la mezquita fue derruida y vuelta a levantar, llevándose a cabo en ese momento la ampliación a las once naves y la construcción de las dobles arquerías. Además del trazado básico de la mezquita, Fernández ubica la posición de todas las columnas mediante dos cuadrículas, una rectangular y otra romboidal, Figura 2.15.

Una vez contruidos los muros perimetrales se pasó a la construcción de las arquerías del oratorio, para este trazado, Fernández también ha encontrado un método sencillo que pudo ser usado por el arquitecto. Como ya ha sido estudiado en el Capítulo 3.1, los fustes que forman parte de las columnas de la mezquita tienen distintas dimensiones, al igual que sus basas y capiteles, esto llevó al arquitecto a enterrar algunas basas, a elevar otras sobre el pavimento y a aumentar el tamaño de los cimacios de forma que los arranques de los arcos de herradura fuesen en toda la arquería a misma cota.

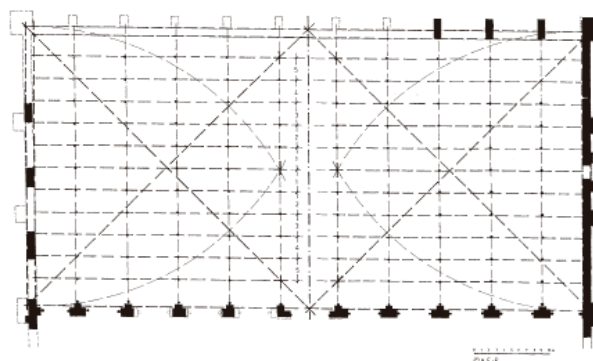


Figura 2.15. Trazado de la sala de oración de la mezquita del siglo VIII. (Fernández-Puertas, 2008).

De esta forma pudieron levantarse las arquerías, con los arcos de herradura que arriostran los pilares y los arcos de medio punto que reparten su carga a ambos pilares superiores en primer lugar y éstos al suelo a través de las columnas. Las columnas no tienen su cimentación corrida como los muros exteriores o las columnas de la parte ampliada por el califa *al-Hakam II*, sino que cada columna tiene una cimentación individual, algo que no es lo más idóneo y menos en la zona en la cual se encuentra, en pendiente y a escasos metros del río Guadalquivir. La cimentación debió construirse de esta forma para terminar la obra en el menor tiempo posible, y es que como ya se ha visto en las crónicas árabes, Capítulo 3.1, se tardó tan sólo un año en levantar la mezquita primitiva.

Las arquerías funcionan como acueductos, ya que por encima del arco de medio punto se encuentran los canales de desagüe de los tejados, los cuales vierten el agua por sus extremos. Para el trazado de las arquerías Fernández nos expone en la Figura 2.18 el dibujo de las mismas haciendo uso de escuadra, cartabón y compás. Para una descripción detallada del trazado se puede consultar su artículo, en el cual traza las arquerías de la antigua mezquita de Córdoba paso a paso, (Fernández-Puertas, 2008).

Para el inicio de este trazado Fernández parte de un cuadrado cuyo lado inferior coincide con el eje de los fustes de las columnas, Figura 2.16. Según los estudios realizados por el autor, el arquitecto de la mezquita usó los mismos métodos para trazar la planta, las puertas, las arquerías y hasta la ornamentación de la mezquita del siglo VIII.

En la Figura 2.17 se observa la cimentación del muro de quibla de *‘Abd al-Rahmān I*, excavado por Félix Hernández entre los años 1930-36. Además, en la imagen podemos analizar como las columnas tienen cimentación escalonada y no corrida como la tendrán en fases posteriores.

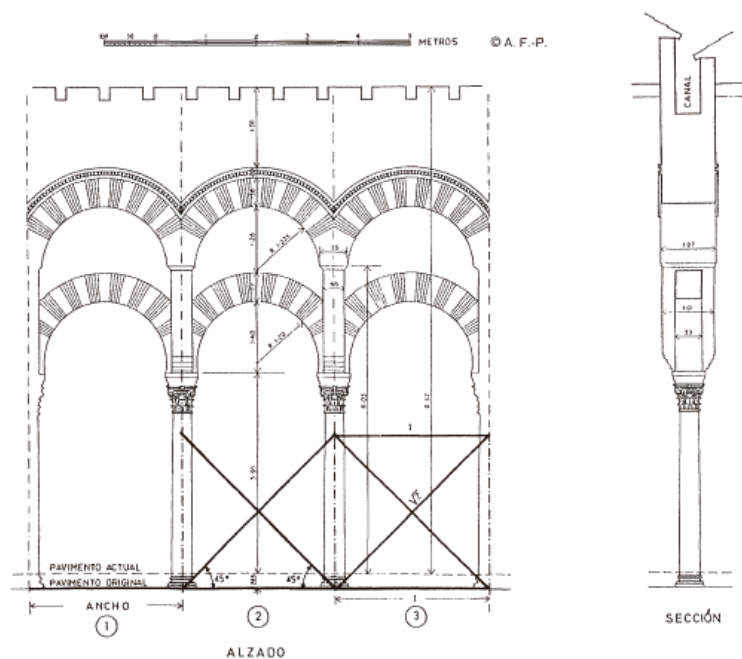


Figura 2.16. Inicio del trazado de las arquerías de la mezquita de Córdoba. (Fernández-Puertas, 2008).



Figura 2.17. Cimentación del muro de quibla de la mezquita del siglo VIII. (Fernández-Puertas, 2008, Foto de Félix Hernández).

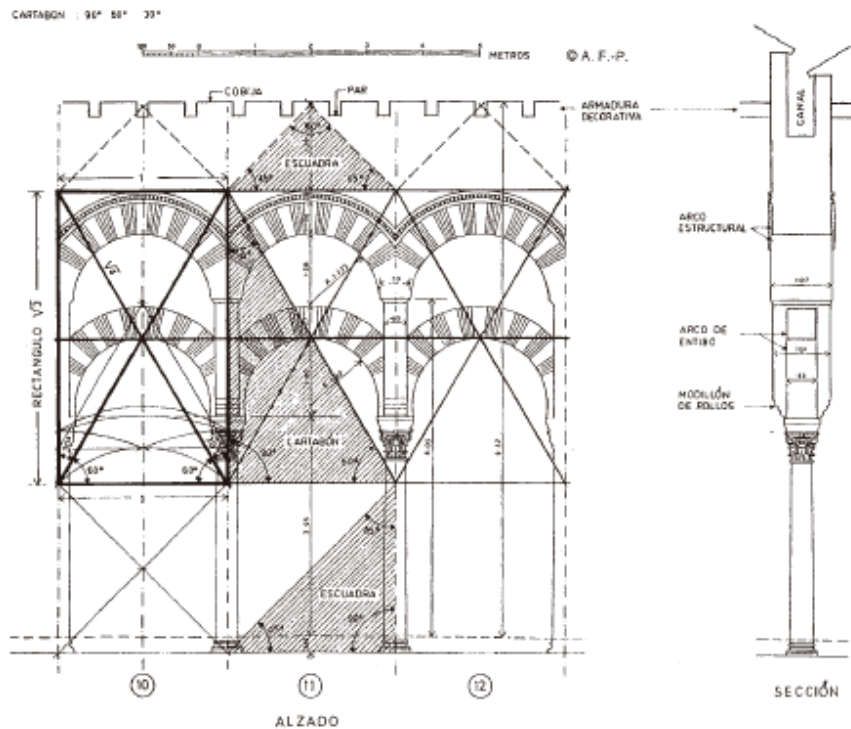


Figura 2.18. Trazado de las arquerías según Fernández Puertas, (Fernández Puertas, 2008).

Además del estudio del trazado de planta y alzado de las arquerías, Fernández en un artículo posterior, explica el trazado de la Puerta de San Sebastián y la Puerta de los Deanes, cuyo interior está fechado en siglo VIII y su exterior fue reformado en el siglo XIV, (Fernández-Puertas, 2009).

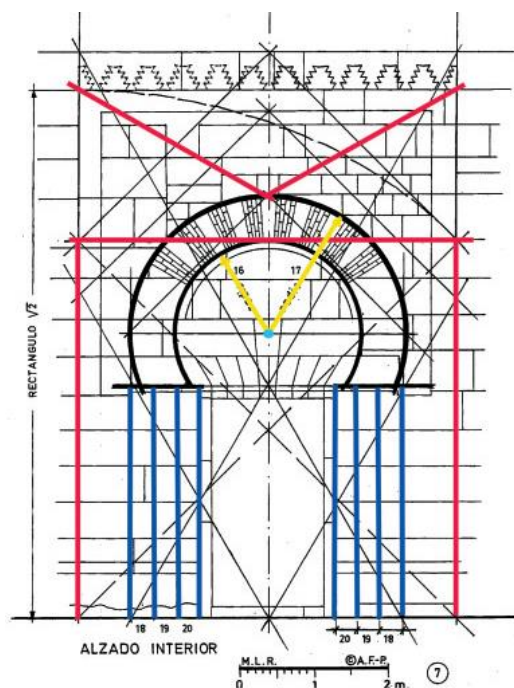


Figura 2.19. Trazado definitivo de la Fachada interior de la puerta de San Sebastián, (Fernández Puertas, 2009).

Para el trazado mostrado en la Figura 2.19, el arquitecto se basó en triángulos y arcos al igual que hizo anteriormente para el trazado de la planta del edificio y de las arquerías tan características del mismo. En cuanto a la puerta de Deanes, tanto Félix Hernández, (Hernández Giménez, 1975) como Fernández Puertas (Fernández-Puertas, 2009), la datan como construida durante el siglo VIII y, por tanto, perteneciente a la primitiva mezquita. Además, Hernández calcula la proporción entre la flecha y el diámetro del arco interior de dicha puerta, relación igual a 2:3 y que data dicha proporción de fecha antigua.

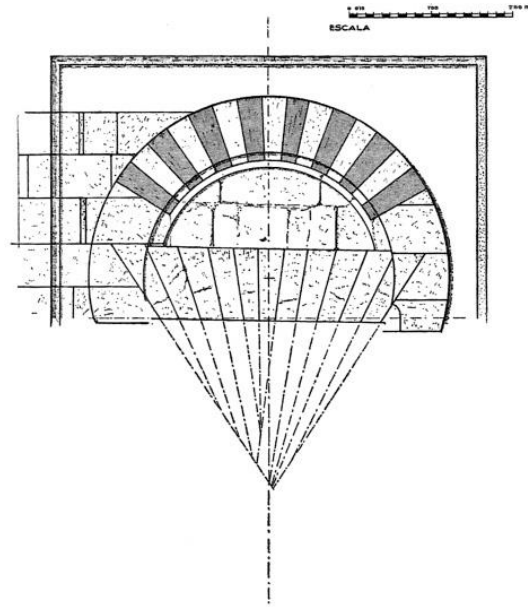


Figura 2.20. Trazado interior de la puerta de los Deanes (s. VIII). (Hernández Giménez, 1975).

A partir del dibujo realizado por Félix Hernández, Figura 2.20, Fernández estudia como la reforma realizada fue de mala calidad y plantea el trazado interior de la puerta que, al igual que en las otras ocasiones, consigue únicamente a base del uso de los materiales básicos de dibujo. El trazado definitivo se lleva a cabo siguiendo ocho pasos descritos por Fernández. Como en todos los casos el valor $\sqrt{2}$ en función de la medida de partida aparece constantemente.

Fernández plantea también un estudio completo de la planta del edificio a lo largo de sus sucesivas ampliaciones. En su publicación, explica paso a paso como los sucesivos arquitectos se basaron en lo ya construido y en métodos muy sencillos para el trazado de cada una de las sucesivas fases de la antigua mezquita, (Fernández-Puertas, 2000).

De esta forma, el arquitecto de *‘Abd al-Rahmān II* simplemente necesitó el uso de un compás, haciendo centro en la esquina Noreste del patio y con radio la diagonal entre dicha esquina y la esquina Suroeste. De dicho trazado deberán corregirse algunas cosas. La primera de ellas, y fallo común en la mayoría de las publicaciones, es la puerta llamada de San Esteban y que nunca se ha llamado así, sino Puerta de San Sebastián. La segunda como ya se ha dicho anteriormente es la corrección de la ubicación del muro Norte del patio, modificación realizada por el arqueólogo Pedro Marfil y que se debe estudiar en mayor profundidad o esperar a que los datos de dicho arqueólogo sean publicados en algún momento, Figura 2.21.

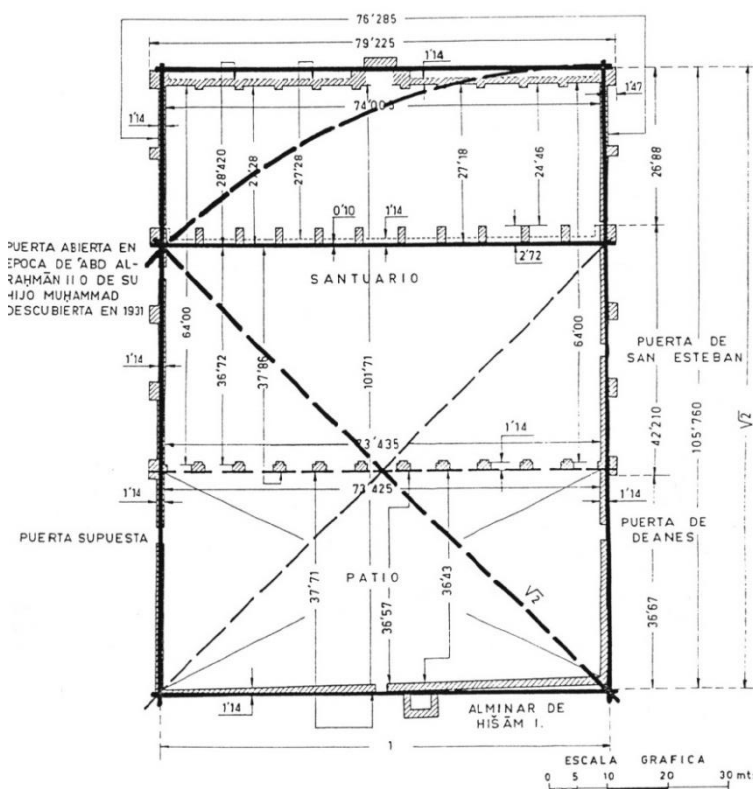


Figura 2.21. Trazado de la ampliación llevada a cabo por 'Abd al-Rahman II. (Fernández Puertas, 2000).

El arquitecto de 'Abd al-Rahmān III siguió el mismo método para trazar el patio. Aunque el trazado realizado sea el correcto, la ampliación del patio como ya escribe Manuel Nieto Cumplido en su obra (Nieto Cumplido, 2007) fue realizada por 'Abd al-Rahmān II tal y como dedujo a partir de las crónicas árabes. De esta forma, hubo un tiempo en que el alminar construido por el emir *Hishām I* se encontró en mitad del patio de la aljama cordobesa, Figura 2.22.

En cuanto a la ampliación de *al-Hakām II*, el arquitecto se encontró con la proximidad del río, con la calle preexistente y con la gran diferencia de cota que tendría que salvar durante la construcción conforme se aproximase a la ribera del río. Por estos motivos el trazado se realizó como expone Fernández mediante el uso del cartabón y su ángulo de 30° , el cual formó una diagonal $\sqrt{4}$ en la nueva ampliación, Figura 2.23.

Del mismo modo Fernández expone que la ampliación llevada a cabo por Almanzor debió realizarse haciendo también uso del cartabón, consiguiendo de esta forma la anchura total del edificio actual. Como ya se ha ido estudiando a lo largo del texto y han demostrado diversos autores a lo largo del tiempo, el trazado de los distintos edificios construidos en la Edad Media se realizó siempre utilizando métodos sencillos, haciendo uso de números y matemáticas simples y los elementos de dibujo básicos, Figura 2.24.

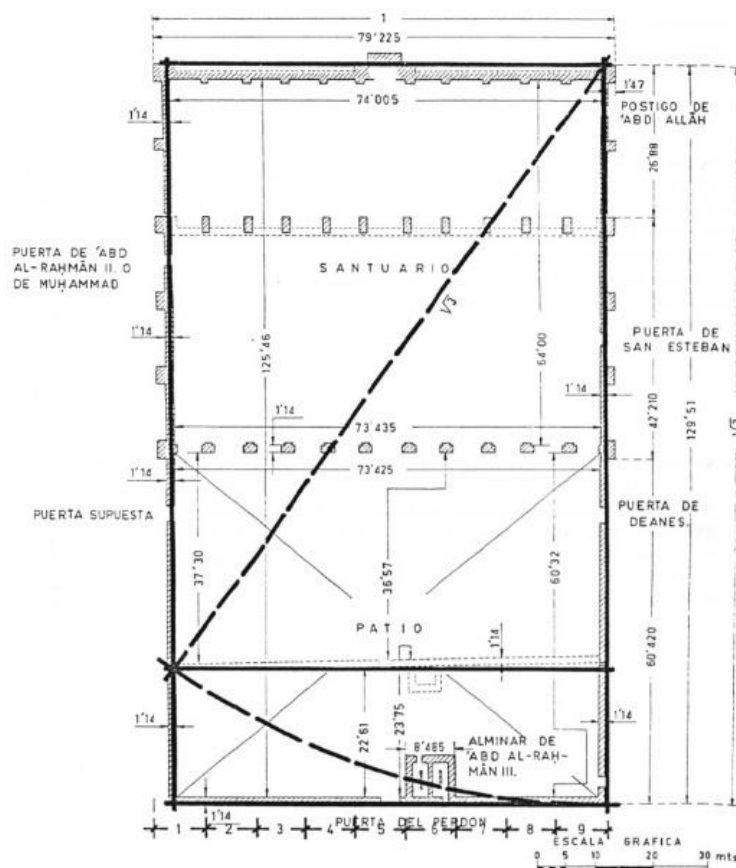


Figura 2.22. Trazado de la ampliación de 'Abd al-Rahman III. (Fernández Puertas, 2000).

Recientemente Roldán ha propuesto un procedimiento de análisis métrico para hallar el módulo o medida utilizada para la construcción de edificios antiguos. Construcciones edificadas con sistemas de medida no utilizados actualmente y que provocan una carencia o falta de información en cuanto a las decisiones o diseños tomados por los constructores, (Roldán, 2015).

El sistema, muy ambiciosamente, pretende detectar sistemas de proporciones, módulos, tamaños teóricos de las partes construidas, detectar reformas, analizar deformaciones, patrones y ayudar en las futuras reconstrucciones, entre otros. El sistema se basa en el uso de una escala base en varas o codos y el uso de $\sqrt{2}$, la diagonal del cuadrado de lado 1. Mediante el uso de estas medidas, y la mezcla de ambas encuentra el módulo utilizado en cada sector, Figura 2.25, (Roldán, 2015).

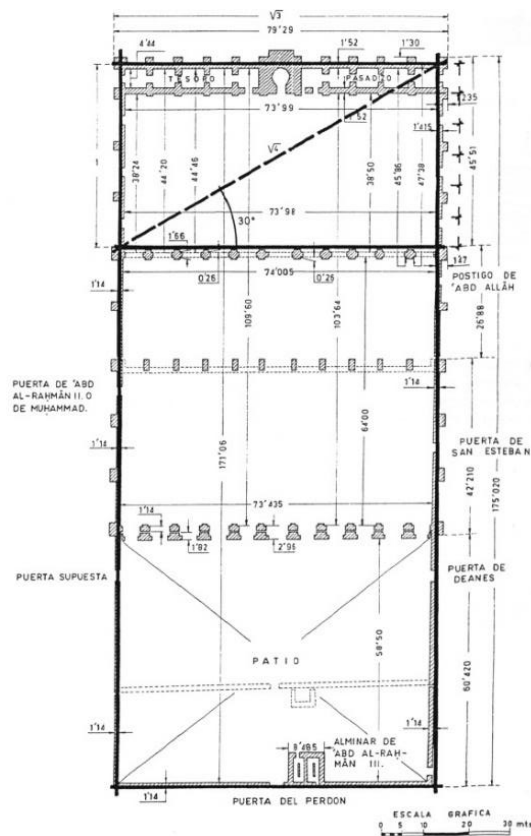


Figura 2.23. Trazado de la ampliación de *al-Hakam II*. (Fernández Puertas, 2000).

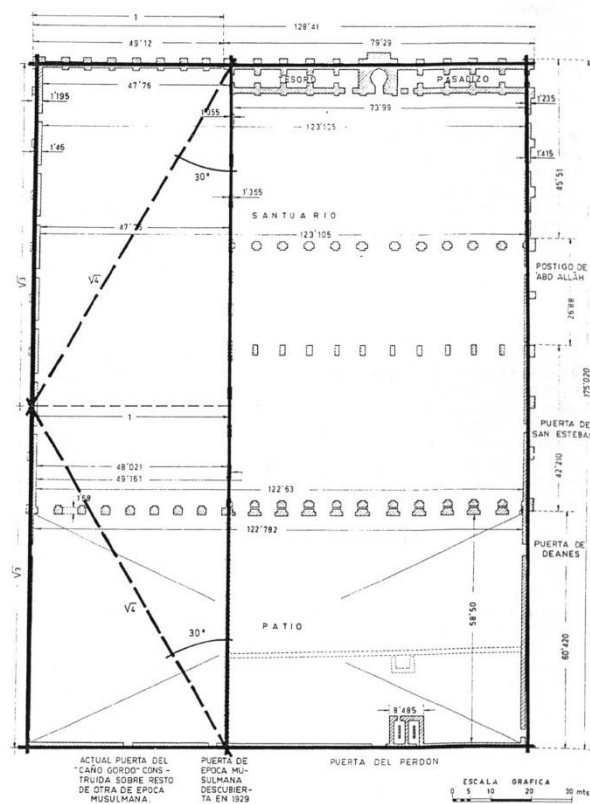


Figura 2.24. Trazado de la última ampliación llevada a cabo por Almanzor. (Fernández Puertas, 2000).

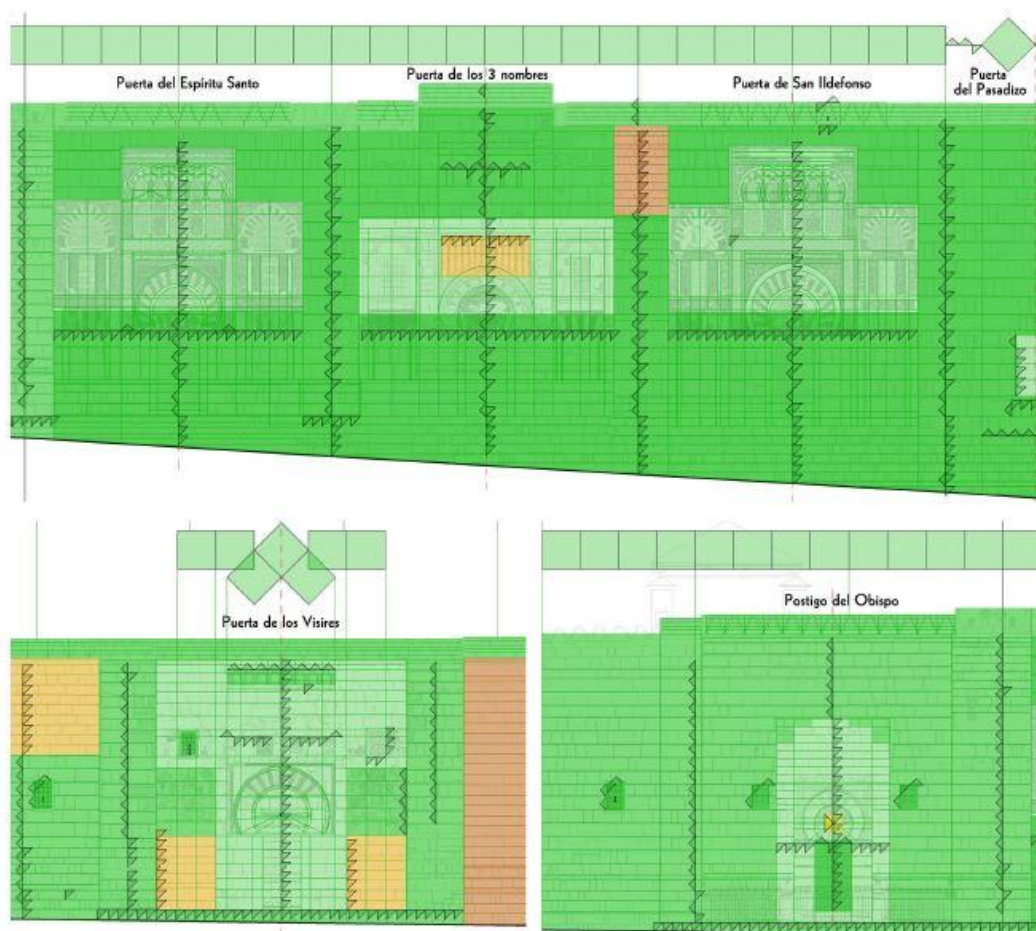


Figura 2.25. Módulos y patrones hallados según el estudio de Roldán, -(Roldán, 2015).

Aunque el sistema es interesante, durante el estudio Roldán solamente encuentra 4 módulos en todo el edificio. Un primer módulo que describiría a la perfección toda la construcción islámica, desde ‘Abd al-Rahman I hasta Almanzor. Un segundo módulo encontrado únicamente en la parte exterior de la Puerta de los Deanes. El tercer módulo se refiere a todo el muro oeste del Patio de los Naranjos, desde Puerta de los Deanes hasta Postigo de la Leche, incluyendo algunas reformas en los paramentos del resto del muro oeste. Por último, encuentra un cuarto módulo en la construcción del crucero de la Catedral y de la Capilla de la Inmaculada Concepción.

Aunque estos módulos puedan parecer suficientes es poco probable que se mantuviese un mismo módulo durante los dos siglos de construcción de la mezquita. Además, los módulos encontrados no corresponden con ninguno de los tipos de codos musulmanes estudiados hasta el momento, ni tampoco con el encontrado en Madinat al-Zahra siguiendo este mismo método, (Roldán, 2015). Por otra parte, los módulos 3 y 4, de época cristiana, tampoco coinciden con ningún valor de las varas conocidas hasta el momento.

Esta falta de coincidencia entre los datos obtenidos con la metodología planteada por Roldán y los tipos de medidas utilizadas, tanto codos como varas, nos hace dudar de la fiabilidad del método. Más aún cuando el arquitecto Hernández ya encontró relaciones y medidas que encajaban con los codos más utilizados en la construcción, (Hernández Giménez, 1961). A falta de investigar en mayor profundidad el método y aplicarlo en zonas más concretas del edificio creemos que podría ser muy útil si los resultados obtenidos coincidiesen con alguno de los tipos de codo o vara ya estudiados anteriormente y que tienen visos de ser los correctos.

3.2.4. Metodología y Resultados

En este apartado se llevará a cabo paso a paso el trazado de las ventanas de arcos gemelos con relación flecha/diámetro 7/8 (0.875), típica de la arquitectura islámica en los alminares. Este trazado servirá en los Capítulos 3.3 y 3.4, ambos dedicados a la reconstrucción de los alminares de la Mezquita Catedral de Córdoba. El trazado ha sido llevado a cabo haciendo uso del software Solid Edge ST9 (Siemens, 2017).

Debemos tener en cuenta y parafraseando a Ruiz de la Rosa que “*La deducción de sofisticadas relaciones con ayuda de conocimientos matemáticos que hoy tenemos pero que no estaban al alcance de aquellos artífices, que con frecuencia apoya ciertas teorías, debe ser vista con sospecha*” (Ruiz de la Rosa, 1987). Por ello durante el análisis y planteamiento llevado a cabo, se ha hecho uso de relaciones y números sencillos al alcance de cualquiera, haciendo uso tan solo del compás, la escuadra y la regla.

En primer lugar, comenzaremos dibujando un cuadrado de 3 codos (55.72 cm/codo), 167.16 centímetros en total. Ha sido escogido este tipo de codo ya que como se vio en el análisis llevado a cabo en el Capítulo 3.1, fue el usado para la construcción del alminar de la Iglesia de Santiago, Córdoba, el cual cuenta con una ventana del tipo analizado. Figura 2.26.



Figura 2.26. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 1.

El Segundo paso será trazar un arco con centro en A y radio AB, obteniendo de esta forma el punto C, el cual forma una diagonal $\sqrt{2}$. Ésta diagonal como se ha analizado anteriormente fue muy utilizada durante toda la Edad Media, Figura 2.27.

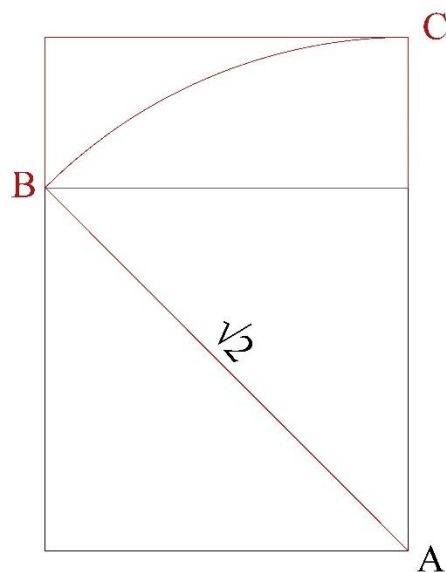


Figura 2.27. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 2.

Después trazaremos un arco con centro en D y radio DE, obteniendo el punto F. Desde este punto se traza una perpendicular y una circunferencia tangente a las rectas DE y DF. Procediendo a seguir el mismo procedimiento de forma simétrica, Figura 2.28.

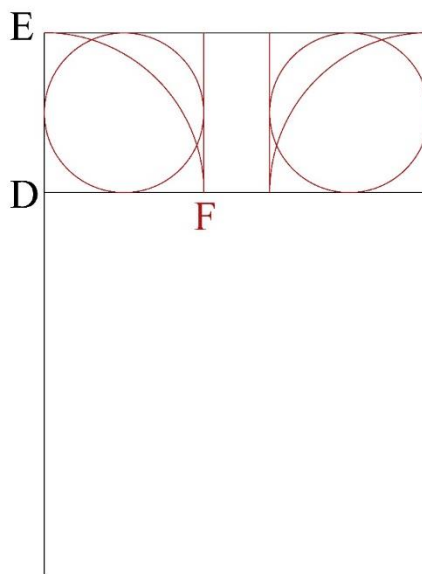


Figura 2.28. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 3.

En el cuarto paso dibujaremos una circunferencia concéntrica a la trazada, y con centro en G con un diámetro de 3 codos, igual que el cuadrado dibujado inicialmente. Al igual que en el paso tres, dibujaremos su simétrico. Figura 2.29.

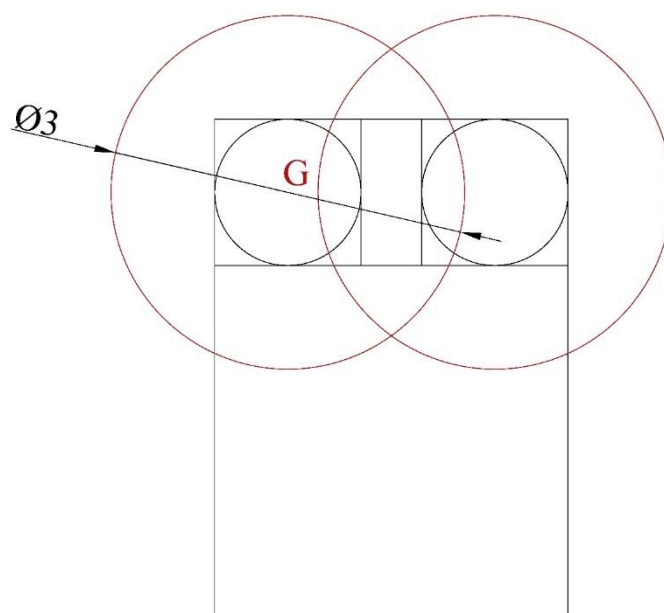


Figura 2.29. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 4.

A continuación, procederemos a unir los puntos I, J y K del cuadrado inicial con los puntos G y H, centros de las circunferencias, obteniendo los puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7. El punto 4 es la intersección de las dos circunferencias de 3 codos, punto el cual uniremos con G y H, Figura 2.30.

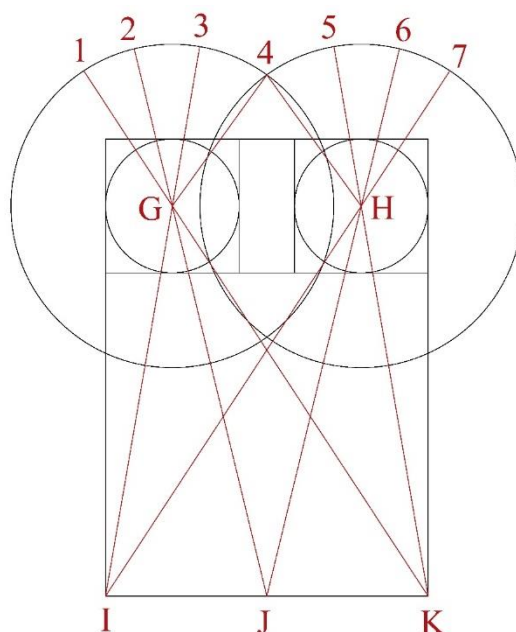


Figura 2.30. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 5.

En el sexto paso dibujamos un triángulo con vértices L, M y N, siendo L y M los puntos medios del cuadrado inicial de tres codos de lado. Desde los puntos medios de los segmentos LN y MN, lados del triángulo, se trazan sendas rectas perpendiculares al mismo, obteniendo el punto de corte P con la circunferencia, punto desde el cual arrancará el arco de herradura de la ventana, Figura 2.31.

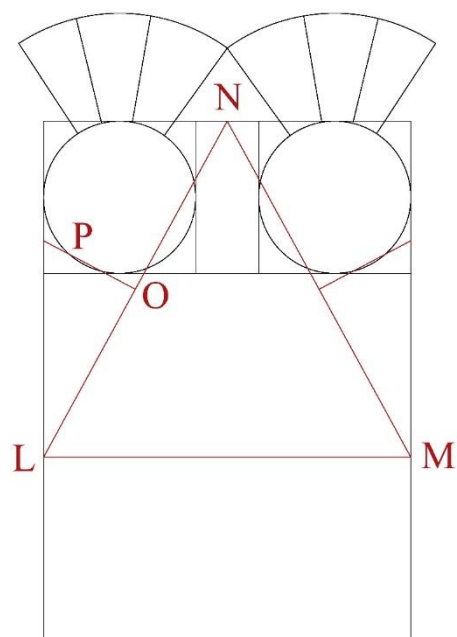


Figura 2.31. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 6.

En el paso 7 dibujaremos los puntos de arranque de los arcos de herradura de la ventana de arcos gemelos, Figura 2.32.

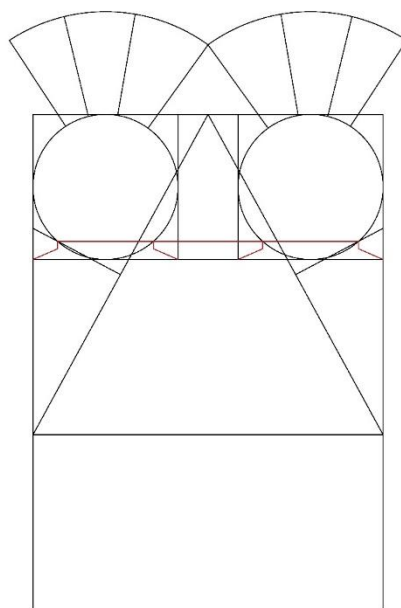


Figura 2.32. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 7.

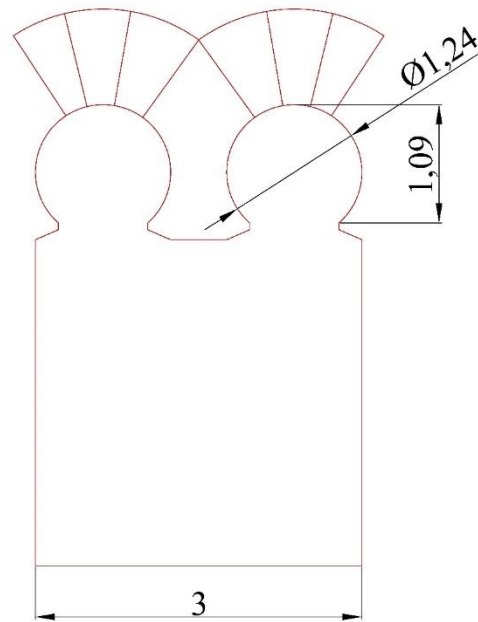


Figura 2.33. Trazado de la ventana de arcos gemelos, procedimiento geométrico. Paso 8.

Finalmente, se ha remarcado todo el contorno trazado. Como puede comprobarse, las circunferencias tienen un diámetro de 1,24 codos (69.24 cm) y una flecha de 1,09 codos (60.59 cm). Esto da una relación flecha/diámetro igual a 0,875 o 7/8. Figura 2.33.

3.2.5. Conclusiones

El trazado de la ventana llevado a cabo tiene una anchura de 167,16 centímetros, sus arcos tienen un diámetro de 69,24 centímetros y una flecha de 60,59 centímetros. Con estas medidas obtenemos una relación entre flecha y diámetro de 0,875 o 7/8. En la Tabla 2.1 se analizan las diferentes medidas de las ventanas del alminar de San Juan de los Caballeros, Córdoba y del alminar de la Iglesia de Santiago, Córdoba. Las medidas entre las ventanas de ambos alminares son cercanas a las medidas obtenidas en nuestro estudio.

<i>Medidas en cm.</i>	<i>San Juan de los Caballeros</i>		<i>Alminar de Santiago</i>	<i>Dibujo Geométrico</i>
<i>Anchura</i>	170	165	169	167.16
<i>Diámetro</i>	75.2	71	75.86	69.1
<i>Flecha</i>	65.8	60.8	66.5	60.73
<i>Relación Flecha/Diámetro</i>	0.875	0.87	0.877	0.875

Tabla 2.1. Dimensiones de las diferentes ventanas de los alminares con relación 7/8 entre flecha/diámetro.

La Tabla 2.1 muestra las diferentes medidas de las ventanas de San Juan de los Caballeros, se puede observar la medida de la ventana de mayor anchura y la de menor anchura. El alminar de la iglesia de Santiago solo tiene una ventana. La desviación existente entre nuestro trazado geométrico y los ejemplos reales es mínima o nula, especialmente cuando se han verificado desviaciones similares en otras ventanas del mismo alminar, lo que evidencia la existencia de errores durante la construcción.

Parece de esta forma evidente la existencia de un trazado geométrico para el diseño de las ventanas islámicas en occidente, con una relación entre flecha y diámetro de 7/8. Los arquitectos diseñaron la planta de sus mezquitas y alminares haciendo uso de las matemáticas y la geometría, como ya ha sido analizado en el Capítulo 3.1. Haciendo uso de circunferencias y puntos notables pudieron trazar y diseñar las ventanas de arcos gemelos.

Esta primera propuesta de trazado no pretende ser definitiva, sino un primer paso o boceto para el estudio y análisis de estas ventanas y su posible trazado geométrico. Además, estos resultados ponen en evidencia la necesidad de llevar a cabo análisis matemáticos y geométricos de las edificaciones o emplazamientos arqueológicos antes de proceder a su reconstrucción tridimensional. Un correcto análisis previo mejorará tanto el conocimiento del edificio, como el modelo tridimensional generado.

CAPÍTULO 3.3. EL ALMINAR DE HISHAM I



Torre de la Mezquita-Catedral de Córdoba y Patio de los Naranjos.

Capítulo 3.3. El Alminar de *Hishām I*

3.3.1. Introducción

El presente capítulo pretende reconstruir tridimensionalmente el primer alminar de la mezquita aljama de Córdoba, mediante un método científico y analítico de sus dimensiones, haciendo uso para ello de los dos capítulos estudiados anteriormente en la presente tesis. El alminar fue erigido por el emir *Hishām I*, en la mezquita comenzada a construir por su padre el emir *‘Abd al-Rahmān I*.



Localización del Alminar

En la actualidad no existe ninguna reconstrucción, plano o aproximación a este primer alminar, muy probablemente, el primero de *al-Andalus*. Para llegar a una solución óptima, se hará uso de todos los métodos matemáticos y de análisis estudiados en los capítulos anteriores, y necesarios para determinar cada una de las partes de las cuales pudo contar, y las dimensiones de las mismas.

Como limitación de esta investigación tenemos la escasa o nula información acerca de algunas de las zonas de estas edificaciones, obligándonos en dichos casos a exponer diversas hipótesis. Para ello, se seguirá a lo largo de toda la investigación la siguiente premisa, (IAPH, 2011).

«Arqueólogos, Arquitectos e Ingenieros, tienen la responsabilidad de aportar el rigor científico y la obligación de establecer los niveles de incertidumbre que justifique y contextualice la hipótesis adoptada garantizando el compromiso ético/científico con la entidad patrimonial.»

3.3.1.1. Crónicas y Fuentes Escritas - Antecedentes históricos.

1) Historia del Alminar o Minarete árabe

Como paso previo al estudio del alminar, es muy importante para la realización de este capítulo establecer una definición clara de dicha construcción, de donde proviene o pudo provenir y cuál era y sigue siendo su función principal.

El alminar es básicamente una torre, normalmente ubicada en el patio de las mezquitas, aunque puede estar adosado a alguna de sus caras, desde la cual los almuédanos realizan la llamada a oración. En árabe existen tres términos para designar el alminar, tal y como apuntaba (Behrens-Abouseif, et al., 2010), el primer término es *ma'dhana*, que significa lugar desde el que se lleva a cabo el *adhān* «la llamada a oración». Otro de los términos utilizados es *sawmu'a*, el cual se utiliza en las crónicas árabes para referirse a aquellos alminares ubicados en al-Andalus y el Norte de África. Este concepto también es usado (Schachner, 2008) para designar las torres utilizadas por los monjes estilitas y los monjes reclusos en Siria. Por último, tenemos la acepción manar o manara que tiene el mismo significado que el término *ma'dhana*.

Se debe tener en cuenta que el lugar desde el que se realizaba la llamada a oración en la primera mezquita, la casa del profeta Mahoma, era el tejado de la misma, y ésta surgió debido a que los cristianos llaman a oración mediante campanas y los judíos mediante el

shofār (un cuerno). Ya en tiempos de Mahoma se dieron cuenta de la necesidad de llamar a oración desde un punto alto, para que ésta, pudiese llegar al mayor número de creyentes posible.

Según la tradición, la idea de la llamada a oración (*adhān*) se le ocurrió a ‘Umar, al que, según se dice, se le apareció el Arcángel Gabriel. Otra de las leyendas es que en un sueño le fue revelada la forma de llamada a oración a ‘*Abdallah*, hijo de *Ziyād*. Una vez se informó al profeta Muhammad acerca de esto, designó a *Bilāl* esta tarea, convirtiéndose de esta forma en el primer *mu’adhdhin* de la historia.

Creswell, (Creswell, 1926), incluye en su estudio una cita del poeta *al-Farazdaq* en el que se contaba que, en el tiempo de los Omeyas, el *adhān* se llevaba a cabo desde los muros de cada ciudad, dando a entender, por tanto, que el uso del alminar en los primeros momentos de la dinastía Omeya no era prioritario.

Posteriormente, en el año 673, el califa *Mu’awīya* ordenó al gobernador de Egipto la construcción de *sawāmī* (plural de *sawmu’a*). El gobernador de Egipto construyó cuatro alminares, uno en cada esquina de la mezquita. Esta disposición sería de uso muy extendido en las mezquitas, excepto en las ubicadas en al-Andalus, las cuales solo contaban con un ejemplar.

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, el *adhān* es el nombre que recibe la llamada a oración, y es llevada a cabo por el o los almuédanos (*mu’adhdhin*). En su monografía Behrens-Abouseif nos indica que el *mu’adhdhin* debía ser un hombre adulto, pío y educado en leyes y teología. Éste debía ser capaz de utilizar los instrumentos de astronomía para calcular las horas de llamada a oración. Además, el *mu’adhdhin* no debía subir al alminar excepto para realizar el *adhān*, ya que, por su ubicación privilegiada por encima de las casas, podían observar la vida privada de las familias más cercanas. En algunos casos, a los almuédanos incluso se les vendaban los ojos mientras estaban en el alminar, aunque en algunos lugares los preferían directamente ciegos, enfermedad muy corriente en la época (Behrens-Abouseif, et al., 2010).

Más tarde, esta ley se dejaría de aplicar en ciertos lugares, entre ellos Córdoba, ya que el califa ‘*Abd al-Rahmān III* construyó una habitación para los almuédanos en la edificación de su nuevo alminar. Esto indica que dormirían allí, o al menos, estarían en dicha habitación entre las horas de cada llamada a oración.

El *adhān* se realiza cinco veces al día; la primera llamada, *fajr*, se lleva a cabo una hora y media antes de la salida del sol; la segunda, *dhuhr*, cuando el sol se encuentra en su zenit. La tercera, *asr*, se produce cuando el sol se encuentra entre el zenit y el ocaso. La cuarta, llamada *maghrib*, se realiza justo después del ocaso, y la última cuando en el cielo aparecen las primeras estrellas, *aiṣha*.

La proveniencia del alminar ha sido estudiada por diversos autores (Peña, 1996), (Creswell, 1926), (Behrens-Abouseif, et al., 2010), (Schachner, 2008). Sin embargo, aún no se conoce con exactitud el origen de esta estructura. Algo en lo que sí coinciden todos los autores es en que deben provenir de Siria y la mayoría apuntan hacia los monjes estilitas, muy abundantes en aquella región.

Probablemente y como Ignacio Peña (Peña, 1996) ya ha argumentado, los primeros musulmanes observaron a los monjes estilitas cuando invadieron Siria. Dichos monjes estaban subidos en sus columnas, predicando y orando. Se sabe que ya en el siglo VIII el uso de los alminares era completo en el mundo islámico, aunque de dicho periodo solo se conserva el de Qayrawān, Túnez, debido, sobre todo, a las diferentes guerras y desastres naturales acaecidos a lo largo de los siglos.



Figura 3.1. Llamada a oración. (Behrens-Abouseif, et al., 2010).

En 1926 Creswell escribió una pequeña monografía (Creswell, 1926) acerca de la evolución de los alminares, haciendo especial hincapié en los alminares egipcios; aunque éstos tienen un estilo totalmente diferente al implantado por la dinastía Omeya en al-Andalus.

Ya en la Iglesia de San Juan Bautista, ubicada en Damasco hasta la conquista árabe, había una torre en la cual vivía un monje recluso. Este monje se resistió, al menos durante algún tiempo, a abandonar la torre cuando el califa *al-Walid* demolió la iglesia, incluida la torre, para construir la mezquita de Damasco. Creswell, además, afirma que todas las torres sirias eran de planta cuadrada hasta el siglo XIII.

Los monjes estilistas se hicieron famosos en Siria a partir del siglo V d.C. momento en el que San Simeón el estilista se subió a una columna para poder meditar y predicar con tranquilidad. San Simeón se subió a su columna en el año 423 y permaneció en ella hasta que murió, 37 años después. Hay que decir que a lo largo de su vida San Simeón fue variando la altura de su columna haciéndola cada vez más alta, llegando a una altura de 30 pies (9 metros) según (T. M. Frankfurter, 1990), y de 40 codos (18 metros) según (Bollandus, 1570, 262-287) para el pilar de Nicéforo entre otros, como se puede leer,

*«Auctor enim Stylitarum Simeon primum columellam ascendit non nisi senum cubitorum (sive novem pedum) mox duodenum, postea vicienum duum, postremo tricenum senum, sive, ut Nicephorus et alii tradunt, quadragenum.»*⁸

⁸ Simeón Estilista fue el primero en subir a una pequeña columna, (nueve pies de altura), y luego doce, después veintidós, y finalmente treinta, o como Nicéforo y otros, cuarenta codos.

Tras San Simeón el estilita, fueron muchos más los monjes que se subieron a diversas columnas o pilares siguiendo su ejemplo, entre ellos se encuentran San Simeón estilita el Joven, San Daniel estilita y San Lucas el Joven.

Estos monjes pensaban que el sufrimiento del cuerpo durante la vida salvaría su alma, por lo que dedicaban su vida a rezar y predicar desde lo alto de sus columnas, Figura 3.2. Tal y como afirma (Peña, 1996),

«Los documentos literarios de la época nos hablan de los árabes del desierto que, atraídos por la novedad del espectáculo, llegaban por centenares al pie de la columna de San Simeón.»

Esta «peregrinación» a las columnas estilitas se debía principalmente a los sermones y rezos impartidos por los propios monjes. Además, resolvían disputas entre las distintas partes de la comunidad, y de todos los viajeros que pasasen junto a su pilar. En su estudio (Schachner, 2008), incluye los pilares estilitas encontrados, bien en los textos, bien gracias a la arqueología, Figura 3.3, los cuales están todos muy cercanos a las principales vías y calzadas romanas de la zona.

En su trabajo Schachner, (Schachner, 2008), hace una cita que es muy interesante desde el punto de vista del uso de la palabra *amūd*,

«... in L. Timothy (Styl.) (S), 44.1, a passage that refers to the blessed recluse (the habis) who lived atop a pillar ('amūd) »

Diversos autores, (Hernández Giménez, 1975), (Pavón Maldonado, 1976), han intentado aproximarse a dicha palabra para concretar su significado y su campo.

En su investigación Schachner, (Schachner, 2008), define las distintas partes de las torres y columnas estilitas encontradas, las cuales normalmente están compuestas por la base, el fuste y la plataforma del monje estilita. Además de esto, cuenta con una escalera que puede ser fija hasta cierta altura, o bien una escalera totalmente móvil, dependiendo de la altura de la columna.



Figura 3.2. San Simeón estilita. (Tennyson, 1901).

En cuanto a la altura de estas columnas, (Schachner, 2008), se encuentran de hasta 17.64 metros o 40 codos, excluyendo la base. Aquí tenemos una primera coincidencia y es que como veremos, algunos de los alminares de al-Andalus tenían una altura de 40 codos, aunque, evidentemente, de diferente tipo al usado por los monjes estilistas.

El número de codos era de gran importancia en la vida de los monjes estilistas, ya que, por lo general, aquellos con las columnas más altas eran los estilistas más importantes o más venerados. Los monjes iban incrementando la altura de sus columnas a lo largo de su vida.

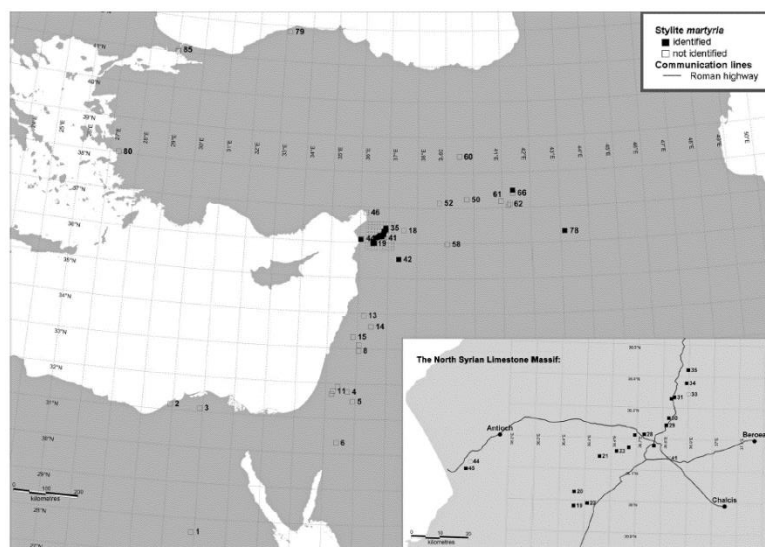


Figura 3.3. Localización de los pilares estilistas. (Schachner, 2008).

Este es el caso de San Simeón el estilista, el cuál aumentó la altura de su columna en tres ocasiones a lo largo de su vida. Se han encontrado columnas estilistas que van desde los dos codos de altura, unos 88 centímetros, hasta los 40 codos de altura, pasando por 4 codos (1,76 metros) o 30 codos (13,23 metros) entre otras alturas.

Una de las dimensiones más importantes de este tipo de construcciones es su altura, y es curioso analizar como hubo varios ejemplares que contaron con una altura de cuarenta codos.

Es sin ninguna duda un número importante en la religión cristiana, ya que el número cuarenta representa el periodo de prueba, espera o castigo (Chevalier y Gheerbrant, 1986). Cuarenta días duró el diluvio de Dios; Saúl, David y Salomón reinaron a los cuarenta años de edad. Dios llama a Moisés para liberar a su pueblo cuando contaba los cuarenta años y éste permanece durante cuarenta días en la cima del monte Sinaí. Además de ellos, Jesús predica durante cuarenta meses y se aparece a sus discípulos en los cuarenta días que preceden a su ascensión.

Además de estas referencias, encontramos otras muchas que nos ayudan a comprender el porqué de la elección de este número para la construcción de unos pilares, que estaban destinados a la oración y al sacrificio de la vida terrenal en post de una salvación ultra terrenal, como ya se ha dicho, éste es el número de la preparación, la espera, la prueba o el castigo.

Hay que recordar que las torres tienen también un significado de unión o de acercamiento entre la tierra y el cielo, entre lo terrenal y lo divino, (Chevalier y Gheerbrant, 1986).

De las plataformas de estas columnas no ha quedado resto alguno, seguramente porque estarían construidas con madera para aligerar el peso sobre la columna. Estas plataformas debieron ser de pequeño tamaño, lo justo para que el monje pudiese sentarse o levantarse con una cierta seguridad, puede que incluso tuviesen algún tipo de baranda.

II) *Kastrom Mefa'a*

Actualmente la única torre estilita que se conserva en pie es la ubicada en el complejo de Kastrom Mefa'a, Jordania. En dicho emplazamiento cristiano, datado en el periodo Justiniano durante la mitad del siglo VI d.C, se encuentra una torre estilita, primeramente, estudiada por Creswell (Creswell, 1926), y más tarde, y en mayor profundidad, por el arqueólogo franciscano M. Piccirillo, cuyo trabajo se encuentra publicado en la monografía editada por (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).

Dicho emplazamiento tiene una importante influencia bizantina. En él podemos encontrar un campamento, un cementerio y una pequeña ciudad en la que hay al menos ocho edificios, además de varias Iglesias, Figura 3.4. Figura 3.4. Vista aérea de Kastrom Mefa'a. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).

Durante las excavaciones de la Iglesia de S. Stefano se han encontrado pisos completos de mosaico que hacen referencia a las distintas ciudades de la región, mosaicos como se verá, de gran importancia para el conocimiento del Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba.

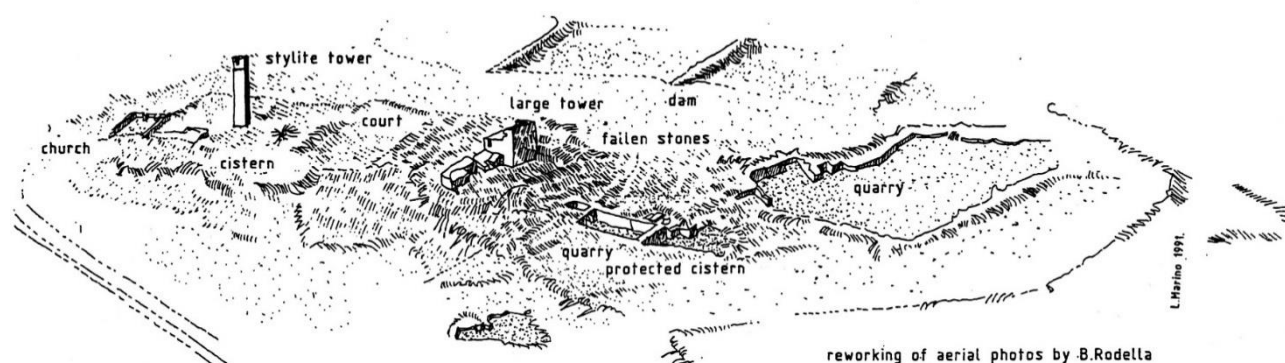


Figura 3.4. Vista aérea de Kastrom Mefa'a. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).

La torre existente en el complejo es de origen cristiano, Figura 3.5, tal y como se puede apreciar gracias a las dos cruces esculpidas sobre el paramento de la misma, figura 3.6. Ésta se encuentra ubicada en el centro de un patio, y a no mucha distancia de la iglesia. Esta disposición sentará cátedra en los alminares construidos por los árabes, los cuales suelen encontrarse ubicados en el patio de las mezquitas, generalmente adosados al muro del patio. Por el contrario, en algunas mezquitas como la de Samarra, su alminar está fuera del patio.

Las primeras excavaciones fueron realizadas en 1987 por el *Studium Biblicum Franciscanum*. Gracias a esta investigación, se sabe que la torre fue construida a la misma vez que la iglesia y la cisterna ubicada en las cercanías. Aunque en un primer momento se pueda pensar que la torre tuviese una función defensiva o de vigilancia, la ubicación de la misma indica su uso como torre para los monjes estilitas, ya que sigue la misma disposición de éstos: columna o torre cerca de una iglesia, una cisterna y un cementerio.

La torre, cuadrada, cuyos lados miden en torno a 2,50 metros y tiene una altura total de 14,68 metros hasta los capiteles de la celda superior, se encuentra actualmente parcialmente destruida. Aunque no estaba, al parecer, tan deteriorada durante el siglo XVIII y XIX, (Behrens-Abouseif, et al., 2010).

La cimentación de la torre se encuentra un metro por debajo del nivel del suelo actual. Dicha construcción es hueca, aunque aparentemente no ha tenido puerta en ningún momento a lo largo de su historia, al menos la disposición del paramento así lo atestigua. Aunque sí tiene un canalón de bajada desde la celda superior por el interior de la torre. Debido a la falta de estabilidad y su deterioro, no se ha podido investigar de momento su interior, aunque en 2014, la UNESCO destinó una partida económica a su restauración, conservación e investigación. La piedra utilizada para su construcción es una piedra del entorno, algo muy normal en todas las edificaciones de la antigüedad, ya que debían traer la piedra mediante carros o en los casos más favorables, mediante el uso de barcos. La sillería está colocada de forma regular en todo su conjunto.

Con este ejemplo se puede ver perfectamente como el origen de los alminares, como ya apuntaban (Behrens-Abouseif, et al., 2010), (Creswell, 1926), (Peña, 1996), proviene de la antigua Siria, en concreto de las torres cristianas ubicadas allí mucho antes de la conquista de la misma por lo árabes.

En la actualidad, salvo el alminar de Qayrawān, Túnez, no ha sobrevivido al paso de la historia ningún otro anterior al levantado por *Hishām I*. El alminar de Qayrawān fue mandado construir por *Hishām* (724-743), abuelo de *‘Abd al-Rahmān I* y bisabuelo de *Hishām I*. Según una crónica de *al-Bakrī* († 1094), el alminar tenía unas dimensiones de 60 codos de altura por 25 codos de base, medidas según Creswell muy cercanas a las medidas actuales.

En la ciudad de Ramla, fue construida por los Omeyas otra mezquita con alminar, de dicha construcción solo queda en pie un alminar, el cual es de fecha posterior. En su trabajo Cytryn-Silverman, (Cytryn-Silverman, 2008), hace una pequeña referencia al primer alminar construido por los Omeyas, la descripción es la llevada a cabo por el geógrafo *al-Muqaddas* en el siglo X.

«La gran mezquita de Ramla se encuentra ubicada en el mercado, más magnífica y más elegante que la mezquita de Damasco. Es llamada al-Abyad (La mezquita Blanca), y en todo el islam no se puede encontrar un mibrab mayor al de ésta, y después del púlpito de Jerusalén no hay uno más bello que el existente aquí. Además, cuenta con un espléndido minarete. La mezquita fue construida por el Califa Hishām.

He escuchado a mi tío decir, que cuando el califa iba a construir la mezquita, fue avisado de que los cristianos poseían columnas de mármol, enterradas bajo la arena, las cuales estaban preparando para la construcción de la iglesia de Bāli. En ese momento Hishām informó a los cristianos que ellos debían revelarle la localización de las columnas, o destruiría la iglesia de Lydda, y de esa forma construir la mezquita con las columnas de ésta última. Los cristianos revelaron la ubicación de las columnas, las cuáles eran resistentes, grandes y hermosas. El suelo de la mezquita está pavimentado con mármol y el patio con piedra firme. Las puertas interiores están hechas con madera de cedro y ciprés, esculpidas en relieve y realmente bellas.»

Gracias a esta descripción podemos sacar varias conclusiones importantes, la primera de ellas y la que atañe íntegramente al capítulo presente, es que se nombra la existencia de un alminar construido por el bisabuelo de *Hishām I* en una mezquita.

La segunda conclusión es que, desde los primeros momentos del islam, los árabes expoliaban las columnas de las Iglesias o confiscaban las columnas destinadas a la

construcción de las mismas para poder construir sus mezquitas. En el texto «*debían revelar la localización de las columnas, o destruiría la iglesia de Lydda, y de esa forma construir la mezquita*» se puede ver como se amenaza de esta forma a los cristianos para que revelen la localización de las columnas escondidas. Este hecho es de suma importancia para entender la construcción de la mezquita de Córdoba, para la cual siguieron el mismo procedimiento años más tarde.

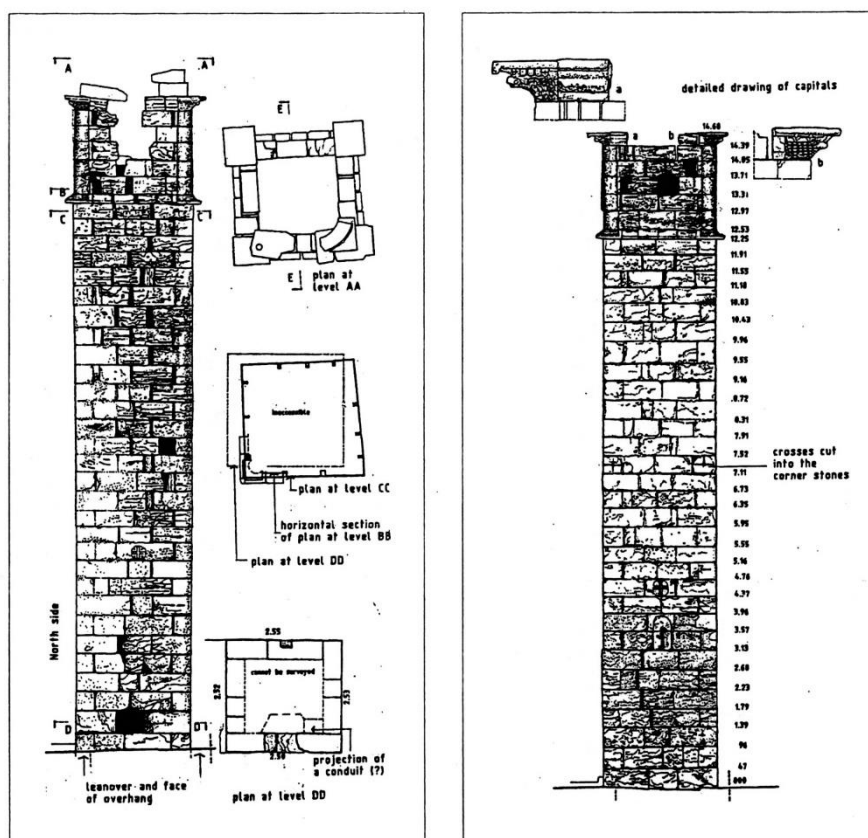


Figura 3.5. Alzado y perfil de la torre estilita. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).



Figura 3.6. Cruces en la torre estilita. (Mariano y Alamagro Gorbea, 1991).

III) Fuentes Árabes

Las fuentes árabes son otro de los puntos de información que tenemos acerca de lo acaecido a lo largo de la invasión árabe en al-Andalus. Estas crónicas nos cuentan la historia de los personajes más importantes del momento, las nuevas construcciones, los médicos y jueces de la época, y también los desastres naturales tales como inundaciones, terremotos, tornados o eclipses solares.

Tal y como Manuel Nieto Cumplido, ex Canónigo Archivero de la Santa Iglesia Catedral de Córdoba, expone en su artículo (Nieto Cumplido, 1996) las fuentes árabes deben clasificarse correctamente antes de trabajar con ellas, para saber su grado de fiabilidad.

Esta clasificación actualmente es sencilla gracias al gran estudio llevado a cabo por los distintos arabistas, entre ellos M. Ocaña Jiménez. Como bien apunta Nieto Cumplido, las inscripciones más fiables que tenemos son las ubicadas en la propia Catedral, colocadas durante la construcción de la mezquita. Lamentablemente, ninguna de estas inscripciones habla acerca de nuestro alminar, y, por tanto, no haremos alusión a ellas en el presente capítulo. Mencionar eso sí, que en total son seis las inscripciones, datadas entre los años 855 y 965 d.C.

Por tanto, tendremos que recurrir a las fuentes literarias, crónicas escritas por diversos historiadores y literatos musulmanes. Unos, escritos en fechas más cercanas a los hechos y otros, son recopilaciones de los ya existentes. Una de las crónicas más importantes es la escrita por *al-Jusaní*, Historia de los Jueces de Córdoba, en tiempo de *al-Hakam II* (al-Jusaní, 970). En este libro, aparecen dos pasajes que, si bien no se refieren directamente al alminar, sí que lo nombran.

Otro de los cronistas que hacen mención al alminar es *Ibn Idarī*, (Ibn Idari, 1860) en su obra *al Bayan al-Mugrib*, escrito entre los años 1312 y 1313. Este texto, aunque escrito mucho tiempo después de la construcción de la mezquita, e incluso tiempo después de la reconquista de la ciudad de Córdoba por el rey Fernando III el Santo en 1236, sigue siendo la mayor recopilación de textos acerca de los sucesos acaecidos en la Mezquita de Córdoba.

Por último, es importante tener en consideración al biógrafo *al-Maqqari*, quién hizo una recopilación de los textos árabes ya existentes acerca de la conquista y ocupación árabe de España. Ésta fue escrita en 1629 y traducida y publicada por R. Dozy en 1855-1861, bajo el título de *Analectes sur l'histoire et la littérature des Arabes d'Espagne*, (al-Makkari, 1840).

Estas serán las principales fuentes que usaremos para estudiar nuestro alminar y empezar a saber algo más acerca del mismo. Todas las traducciones han sido estudiadas a partir de la recopilación realizada por (Arjona Castro, 1982). Aunque para una mayor profundización se han consultado también las traducciones originales a las cuales Arjona hace referencia.

Gracias a la crónica anónima *Ajbar Maʿmūʿa* o Colección de tradiciones, sabemos que la primitiva aljama no contaba con un alminar propio,

756, mayo.

«*Ibn Muʿawiya* caminó hacia Elhira en busca de *Yūsuf* (que huía derrotado), en tanto que *Abu Zayd* (*ʿAbd al-Rahmān ben Yūsuf*) bajó contra Córdoba. *Abu Utman* fue sitiado en la torre de la mezquita mayor (*“sawmu” a jamaʿa*), que estaba en el Alcázar, y obligado a rendirse a condición de que no combatiría; púsole grillos y le llevó prisionero consigo. También se apoderó de las esclavas de *Ibn Muʿawiya*...»

Ajbar Maʿmūʿa, p. 93 del texto árabe y 88 de la traducción de Lafuente Alcántara.

En la primitiva mezquita aljama se utilizaba como alminar la torre del Alcázar ubicado al lado occidental de la misma. Se debe tener en cuenta, que la mezquita nombrada en este texto, es la que se refiere a la mitad de la iglesia de San Vicente. Del texto se entiende que, desde la conquista árabe de Córdoba, no se disponía de una mezquita aljama propia ni de un alminar.

En otro fragmento, esta vez escrito por el historiador árabe *Ibn 'Idari* en su obra *al Bayan al-Mugrib o Exposición curiosa relativa al resumen de las noticias de los reyes de al-Andalus y del Magreb* y recopilado por Arjona, (Arjona Castro, 1982),

786 [Agosto, 31]

«En el año 170 referido mandó echar los cimientos (“ta`sis”) el emir Abd al-Rahman de la Mezquita Aljama en la capital de Córdoba, y había en su lugar una iglesia (“kanisa”) y gastó en ello cien mil talentos»

Ibn 'Idari Bayan II, p. 58 del texto árabe.

Otra versión escrita por el mismo historiador acerca del mismo suceso,

«... 'Abd al-Rahman al-Dajil dio comienzo al derribo de la iglesia y a la edificación de la aljama en el año 169 [785-786]. Su construcción, una vez completadas sus naves (“Balat”) y cerrados sus muros, terminó en el año 170 (Hégira) [786-787] y todo se completó en el espacio de un año. Se dice que la suma que gastó el imán 'Abd al-Rahman en la construcción de la aljama fue de ochenta mil monedas de buen peso. Y por eso dijo al-Balawi (Dios se apiade de él):

[Tawil]

Por el amor de Dios, gastó ochenta mil piezas de oro y de plata en una mezquita que tiene por fundamento la piedad y sirve para la práctica de la religión predicada por Muhammad»

En ambos textos se puede observar cómo se cita la antigua iglesia de San Vicente, pero es en el texto dado por el historiador al-Maqqari donde se cuenta la historia acerca de dicha iglesia desde la conquista árabe, como en un principio se compartió el uso de la basílica, y como, tras el aumento de la población árabe, el emir 'Abd al-Rahman I mandó destruirla para la construcción de la mezquita aljama.

«Dice textualmente (Ibn Sa'id) en el Mugrib, seguida de su descripción de la aljama de Córdoba: Me he apoyado, para lo que traslado en este capítulo, en el libro de Ibn Bashlunval, el cual, citando la autoridad del al-Razi, se ha ocupado del asunto con la más completa solicitud y hace inútil consultar otros textos.

Al conquistar los musulmanes al-Andalus ajustaron su conducta a lo que hicieron en Siria Abu' Ubayda ben al-Yarrah y Jalid en al-Walid, con el beneplácito del Príncipe de los Creyentes 'Umar, cuando expropiaron a los cristianos rendidos por capitulación la mitad de toda iglesia que poseían, como, por ejemplo, la iglesia de Damasco y otras. Del mismo modo, los musulmanes expropiaron a los cristianos (“ayam/s”) la mitad de la iglesia mayor que estaba dentro de la medina de Córdoba, bajo el muro, y a la que llamaban Shant Binyat, y edificaron en aquella mitad una mezquita aljama, quedando la otra mitad en poder de los cristianos, a los que les fueron demolidas las restantes iglesias de la capital de Córdoba.

Se contentaron los musulmanes con lo que poseían, hasta que se acrecentó su número, aumentó la población de Córdoba y se aposentaron en ella los príncipes árabes; aquella mezquita les resultó entonces insuficiente y dedicáronse a colgar en ella tribuna tras tribuna donde estaban con la cabeza baja, hasta que supuso para la gente un penoso trabajo entrar en la Gran Mezquita y a causa de la contigüidad, insuficiencia de puertas y lo bajo del abovedado del techo de aquellas tribunas (“saqa’if”), pues estaba éste tan cercano al piso que a la mayoría les era imposible ponerse de pie.

No cambió esta situación hasta que ‘Abd al-Rahman ben Mu’awiya al Marwani entró en al-Andalus, se apoderó de su imperio y habitó en Córdoba, sede de su gobierno, la cual adquirió con él usos y costumbres de las grandes urbes. Se interesó por el asunto de la aljama, cuidándose de ensancharla y de perfeccionar su construcción. Convocó a su presencia a los cristianos más principales y les exigió la venta de la parte que poseían de la iglesia, pegada a la aljama, para incorporarla a ésta, remunerándoles por ello espléndidamente, en cumplimiento del pacto por el cual habían capitulado.

En un principio rehusaron vender lo que poseían, pero muy instados cedieron, pidiendo se les permitiera la reedificación de aquellas iglesias de las afueras de la medina que les habían sido demolidas, tras lo cual dejaron libre a los musulmanes la mitad que se les reclamaba. Así terminó el asunto el año 168 [784-785]»

Al-Maqqari, Analectes I, 368 (traducción, M. Ocaña Jiménez, Al-Andalus VII 2).

De la muerte del emir ‘Abd al-Rahmān I y la sucesión del mismo por su hijo Hishām I tenemos dos crónicas. El 30 de septiembre del año 788 muere el emir ‘Abd al-Rahmān I y le sucede su hijo Hishām I el 7 de octubre del mismo año. En el texto, *al-Nuwairi* nos da una descripción de lo ocurrido y de ‘Abd al-Rahmān I.

«Acaeció la muerte de ‘Abd al-Rahmān en el miércoles a seis días que restaban del mes de Rabi’ II del año 172 [788], aunque se ha dicho que falleció en el comienzo de ĵumadā I del año 172 [788], que es lo cierto. Presidió la oración por él su hijo ‘Abd Allāh. ‘Abd al-Rahmān había designado, como príncipe heredero suyo, a su hijo Hishām, que se hallaba de gobernador en Mérida; como su otro hijo Sulayman, tenía igual cargo en Toledo, y estos dos no estuvieron presentes a la muerte de su padre. Había ocurrido el nacimiento de ‘Abd al-Rahmān en Tadmur en el año 113 (731-732), durando su vida cincuenta y nueve años. El tiempo de su gobierno en al-Andalus fue de treinta y tres años, cuatro meses y catorce días. Era rubio, casi imberbe, alto, delgado y tuerto. Elocuente, poeta sentimental, instruido...»

al-Nuwairi, Nibayat al-‘Arab, 16-17 del texto árabe y 15 de la traducción.

En otra crónica acerca del mismo hecho, esta vez narrado por el cronista *Ibn ‘Idārī*, Se observa como ambos documentos son muy parecidos, ya que debieron copiarse unos a otros con casi total seguridad.

«Era su genealogía: ‘Abd al-Rahmān ben Mu’awiya ben Hishām ben ‘Abd al-Mālik ben Marwān ben al-Hakam ben Abu-l-‘asī ben Umayya. Su kunia: Abu-l-Mutarriġ. Su madre era un bereber de las esclavas del Magrib llamada Rāha o Rādaba, aunque ‘Abd Shams ben ‘Abd Munaf encuentra su genealogía unida a la del Profeta (¡La bendición sobre él y la paz!).

Nació en un lugar conocido por Badayr Hasīna, de Damasco, el año 113 [15 marzo 731 al 3 marzo 732] y murió su padre y le dejó de corta edad. Murió un martes a seis quedantes de Rabi’ II del año 172 [martes, 30 septiembre 788], y otros dice que a diez de ĵumadā I del año 172. Fue sepultado en el Alcázar de Córdoba. Llegó a la edad de cincuenta nueve años y cuatro meses y medio, habiendo entrado en al-Andalus a los veinticinco años, más o menos. Le reconocieron jaliġa en Córdoba el día al-adabā [14 mayo 756].

Su descripción es: alto de estatura, rubio de cabellos, de delicadas mejillas, en su cara caían dos bucles y se le llamaba el acre de los Banu Umayya. Sus hijos varones fueron once y las hembras nueve.»

Ibn 'Idārī, Bayan II, pp. 47 y 48 del texto árabe.

Una vez sube al trono, *Hishām I* se encarga de terminar la construcción de la mezquita aljama y de la reparación del puente romano. La primera referencia al alminar, nos la da *Ibn 'Idari* (Ibn Idari, 1860), levantado por el emir *Hishām I* y primer alminar levantado en al-Andalus según se tiene constancia.

«Fue Hishām el que terminó las galerías (“saqai’f”) de la Mezquita Aljama de Córdoba, levantó su alminar antiguo y edificó un pabellón de abluciones (mida’a) y reparó del puente el que había sido destruido por la riada.»

Ibn 'Idārī, Bayan II, 68.

El puente al que se refiere la crónica es el puente romano, en ruinas debido a las fuertes riadas acaecidas en los últimos años. Más adelante, el mismo historiador nos vuelve a describir el alminar, en este caso con más detalle.

«Hishām, hijo del anterior emir, añadió al lugar desde donde se llamaba a la oración un minarete (“sawmu’a”) de cuarenta codos de alto, construyó detrás de la mezquita unas galerías donde las mujeres pudieran hacer sus plegarias e instaló la pila de las abluciones en el este de la mezquita.»

Ibn 'Idārī, Bayan II, p. 130 del texto árabe y 378 de la traducción de Fagnan.

Este texto es el único que se conserva en el que se realiza una descripción del alminar, y como se puede ver, no reproduce una gran descripción acerca del mismo.

Se sabe que fue construido por el emir *Hishām I* y que su altura era de cuarenta codos. En el presente capítulo se estudiarán las diversas excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en el patio y el estudio del codo realizado por el arquitecto conservador don Félix Hernández, mediante el cual se podrán llegar a definir mejor las medidas de su base.

El último texto árabe que hace referencia al alminar de *Hishām I* es el que relata como el califa *‘Abd al-Rahmān III* manda derribarlo para construir el nuevo alminar, actualmente en el interior de la torre de la Catedral de Córdoba y objeto de estudio del Capítulo 3.4.

«Y relata (Ibn Sa’id) todo esto que renueva su sucesor al-Nāsir. De como él demolió el primer alminar y empezó a construir un alminar colosal. La orden de demoler el viejo y primitivo alminar fue dada en el año 340 (9 de junio 951 al 29 de mayo 952).»

al-Maqqari, pp. 359-360 y 369-70 del texto árabe de la edic. de Dozy. Apud Félix Hernández Giménez, El Alminar de ‘Abd al-Rahmān III en la Mezquita Mayor de Córdoba, p. 19 (edi. Granada, 1975).

Otro par de textos en los que aparece el alminar, aunque no para describirlo ni para hablar propiamente del mismo, es en los textos de *al-Jusaní* († 971). Historia de los jueces de Córdoba recoge entre sus páginas la memoria de la Córdoba musulmana a través de los jueces desde el gobierno de *‘Abd al-Rahmān I* hasta el año 358/969. El siguiente fragmento es parte de la traducción realizada por (Ribera, 1914).

«Un día en que Yabia ibn Yabia tenía que informar como testigo (en el pleito que se sustanciaba en el juzgado) acerca del agua que había en el borno (llamado de) Berrel, cuya propiedad reclamaban los Benilabás y Abenisa, al salir (Yabia de declarar), uno de los litigantes le injurió. Yabia volvióse para presentarse de nuevo ante el juez y le dijo:

- Este me ha injuriado; castígale.

- *¿Qué castigo debo imponerle? – le preguntó el juez.*
- *Mándalo a la cárcel – contestó Yabia.*

El juez dispuso que fuera encarcelado; pero luego, después de haber salido Yabia por la puerta del Alminar (de la mezquita Aljama) y haber montado en su caballería y llegado cerca de la plazuela, volvióse otra vez, entró (en la mezquita) donde estaba el juez y le dijo:

Ordena que suelten al que has encarcelado y castígalo conforme tú creas que deba ser castigado (no por lo que yo diga).»

El otro texto en el que se nombra el alminar es el referido al juez *Sulayman ibn Aswad al-Gafiqí*, nombrado juez de la aljama de Córdoba por el emir *Muhammad I* en el año 873, tras destituir de su cargo a *Amer Ibn Abdala*. Hasta ese momento *Sulayman* había sido juez de la región de Mérida. Este texto, al igual que el anterior, es parte de la traducción de (Ribera, 1914),

«Me dijo Ahmed ben Obada El Roainí que le había contado uno que había oído a Sulayman ibn Aswad, el juez, decir lo siguiente a los almuédanos de la aljama:

- Cuando sea la hora de los oficios, no os retraséis ni un momento, aunque sepáis que yo esté bajando de la cabalgadura junto a la puerta del alminar; no me esperéis; llamad a la oración y rezad.»

En ambos textos aparece la puerta del Alminar construido por *Hishām I*, por lo que se deduce que junto al mismo y en el muro perimetral que cerraba el patio de la aljama había una puerta de entrada, la cual estaría ubicada en el lado norte de dicho cerramiento. Esta puerta muy probablemente estaría en el mismo eje que la actual puerta del Perdón o la puerta de las Palmas, coincidiendo con el eje central de la mezquita aljama levantada por *‘Abd al-Rahmān I* y de su mihrab. Además de eso, se puede entender que no había un único almuédano para realizar el *adhān* en la mezquita aljama, sino que eran varios los que llevaban a cabo dicha tarea.

Otra crónica importante para entender como debió quedar el alminar una vez construido en el patio, es el texto transmitido por *Ibn Hayyan*, (Ruggles, 2007), en el cual nos habla de la disputa que hubo en dicha época acerca de la plantación de árboles en el patio de la mezquita. Finalmente, estos árboles fueron plantados en tiempo de *Hishām I*, aunque desgraciadamente, no se hace mención a la especie o especies de árboles que fueron plantados. Esta orden fue dada por el muftí *Sasa’a ben Sallam*, procedente de Siria, lugar del cual traería la tradición de plantar árboles en el patio de la mezquita. Al respecto de la legalidad de la plantación de árboles fue consultado *Ibn Sahl*, el cual estudió la documentación existente con respecto a esto,

«[En cuanto a] la plantación de árboles en el patio de las mezquitas Ibn ‘Attab (d. 462/1069), que Dios tenga misericordia de él, no aprobó plantarlos o cualquier vegetación en absoluto en los patios de las mezquitas. Criticó esto y prohibió la práctica y desarraigó [los árboles] cuando pudo hacerlo. Ahmad b. Khalid mencionó que él mismo preguntó a Ibn Waddah [d. 287/900] sobre un árbol que estaba en el patio de una mezquita, y él respondió: “Mi preferencia es que sea picado hacia abajo y no se le permite permanecer en ella. No he visto ningún árbol en las mezquitas de las ciudades [amsar], ya sea en Siria o cualquier otro lugar. “Ahmad b. Khalid preguntó, “Si el árbol está ahí, en tu opinión ¿está permitido comer [el fruto] de ella?”. Ibn Waddah respondió: “Por el contrario, sólo el [muecín?] puede hacerlo en caso de duda [shubha] que se adjunta a la presente y yo mismo no comeré de él. “Ahmad Ibn Abd al-Barr [d. 338/959] menciona en su Historia en el capítulo de Sa’as’a b. Sallam que él, refiriéndose a Sa’as’a, era el líder de la oración en Córdoba, y dijo: “Durante la vida de Sa’as’a b. Sallam, árboles fueron plantados en la

mezquita aljama, y esta es la doctrina de Awza'i y los sirios, pero Malik y sus seguidores dicen que es reprobable [yakrahunubu]. Sa'as'a murió en el año 192 [807- 8].»

Las autoridades legales islámicas basaban sus opiniones tanto en la interpretación de los preceptos teológicos como la jurisprudencia previa, sin interpretar la plantación de árboles como símbolo paradisíaco o símbolos de piedad.

En su artículo Fernando de la Casa, (de la Casa, 2005), expone de forma acertada que el Patio de los Naranjos es uno de los más antiguos de Europa, ya que actualmente lleva construido y ha estado evolucionando durante 1225 años. En cuanto a la vegetación, nos expone que, aunque es muy difícil saber qué tipos de especies estuvieron plantadas durante los primeros años, es muy probable que las especies fueran granados (*Punica granatum*), palmeras (*Phoenix dactylifera*) e incluso cipreses (*Cupressus sempervirens*). Estas especies ya se encontraban presentes en la Península antes de la invasión de los árabes, y por tanto, pudieron ser plantadas con facilidad, Figura 3.7.



Figura 3.7. Patio de los Naranjos, litografía de época. (Nieto Cumplido, 2007).

El sistema de riego utilizado en el Patio debió de ser muy parecido al actual. Existían distintos canales a través de los cuales llegaba el agua hasta las distintas especies de árboles, pero en su momento lo hacía gracias a una noria que subía el agua desde el Río Guadalquivir, (de la Casa, 2005). Aunque es más probable que estos canales se viesen abastecidos por el acueducto de la sierra.

Para terminar, es importante señalar varios datos, o aportaciones que ya han ido exponiéndose a lo largo del mismo. En primer lugar, el hecho de que los alminares sirios anteriores al siglo XIII fuesen todos de planta rectangular. Algo que como se vio en el Capítulo 3.1. se ha cumplido en el cien por cien de los alminares construidos en al-Andalus.

En segundo lugar, llamar la atención acerca de dos palabras árabes usadas para describir aparentemente dos cosas distintas. La primera de ellas como ya se ha escrito es *sawmu'a*, la cual los cronistas árabes utilizan para denominar los alminares construidos en al-Andalus y

Norte de África, pero también para designar los pilares estilitas, construidos con anterioridad a los alminares.

La segunda palabra es *‘amūd*, usada por los cronistas árabes para describir la parte superior de los alminares, pero también para describir la parte superior de los pilares estilitas, lugar en el que se encontraban los monjes predicando. Este uso de las mismas palabras para dos sitios diferentes, pero muy relacionados entre sí como hemos visto, reafirma aún más si cabe la tesis acerca de la proveniencia de los alminares.

3.3.1.2. Estado actual del alminar de Hishām I

1) Estudios arqueológicos acerca de este alminar

Durante el verano de 1934 el arquitecto conservador de la Santa Iglesia Catedral de Córdoba, Félix Hernández Giménez emprendió una serie de excavaciones en el Patio de los Naranjos buscando la cimentación del alminar de *Hishām I*. En junio de dicho año identificó los restos, los cuales aportaron una información muy valiosa sobre el conjunto del Patio. Tal y como expone en su monografía (Hernández Giménez, 1975), los restos encontrados se hallan a 10.78 m al Sur de la actual torre de la Catedral. La planta de estos cimientos es aproximadamente cuadrada, tanto exteriormente, como interiormente. Sus lados, como se puede ver en la Figura 3.8, miden entre 6.06 m y 6.25 m.

Hernández afirma en dicha monografía, *«es corriente en toda la mezquita, el que las fundaciones sobresalgan muy escasamente, si lo hacen, sobre los haces de los muros a que corresponden»*. De esta forma, el alminar de *Hishām I* debió de tener unas dimensiones muy aproximadas a las dimensiones de su cimentación, si no las mismas.

De los cimientos del alminar solo quedan los restos de cuatro hiladas, siendo la hilada superior a la que más sillares le faltan. Cada hilada tiene entre 51 y 59 cm de altura según midió el citado arquitecto, dando un total de 2.18 m de altura. La hilada superior, según el estudio de Hernández, se encuentra a tan sólo 18 cm por debajo del pavimento del patio de la mezquita de *‘Abd al-Rahmān I*, lo cual quiere decir que cuando *‘Abd al-Rahmān III* decide derruirlo para construir el segundo alminar, tan sólo quitan la parte visible de la cimentación y la hilada que sobresalía y se encontraba enterrada tan sólo 18 cm.

En cuanto al ancho de estos sillares, el arquitecto no da ningún dato, excepto que son algo mayores que los utilizados en la mezquita primitiva. Esto ocurre también con el largo, midiendo 1.20 m cada sillar; Hernández expone en la monografía que la causa de esto se debe a que no se encuentran labrados, sino que, al ser sillares para cimentación, se encontraban a medio terminar. Una vez terminados, estos sillares tendrían las mismas dimensiones que los usados por *‘Abd al-Rahmān I*.

Las hiladas inferiores, hilada A, B y C, Figura 3.8, se encuentran cogidas a hueso, sin mortero entres sus juntas, mientras que la hilada superior ya tiene un mortero de cal y arena con abundancia de cal. En cuanto a la disposición de los sillares, se puede observar como es una colocación completamente irregular, aunque es de sospechar que sea así debido a que son destinados a cimentación, mientras que el paramento visto, estaría colocado de forma regular, o al menos es de suponer que así sería, aunque no tiene porque, ya que el alminar estaría enlucido en su totalidad.

De la organización interna tal y como dice el arquitecto Hernández no hay ningún resto, aunque según el texto de *al-Maqqari* debió tener una escalera. Sí se encontró en el interior de la cimentación los restos de una conducción de agua dirección S-SO. Por último, expone lo siguiente:

«Es, pues, de imaginar que, de haber existido un machón central, eje de la referida escalera, sería demolido de raíz, en los días de 'Abd al-Rahmān III.»

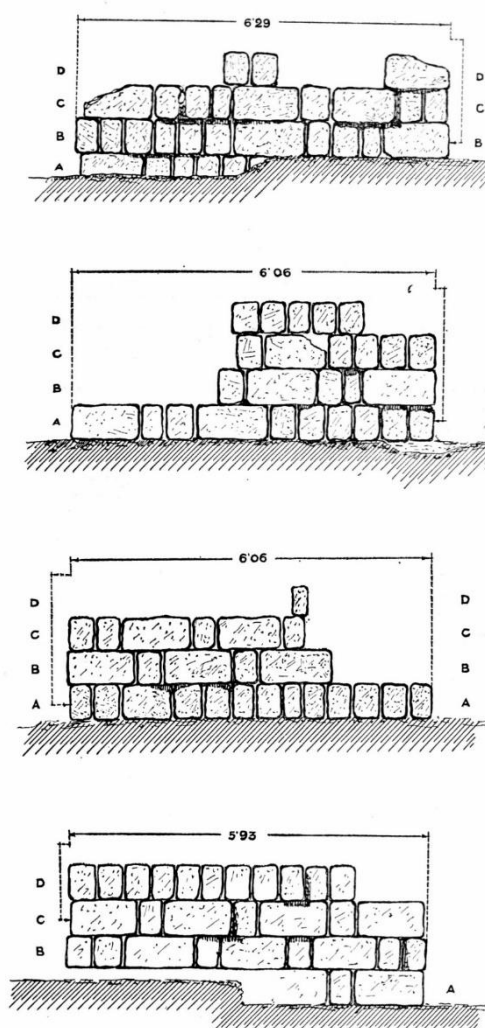


Figura 3.8. Cimentación del alminar, vistas N, E, S, O. (Hernández Giménez, 1975).

Esta falta de información acerca del machón central, como veremos, complicará la reconstrucción del mismo, obligándonos a plantear varias hipótesis. Además de esta cimentación, Hernández encontró la cimentación del muro que cerraba el patio en tiempos de 'Abd al-Rahmān I, pero como veremos más adelante se confundió de muro o al menos eso escribe el arqueólogo Pedro Marfil, (Marfil, 2010).

Una de las hipótesis por la cual el alminar no conserva restos de su machón central en su cimentación es porque durante las plantaciones que se han ido realizando en el Patio de los Naranjos a lo largo de su historia, entre ellas la palmera que actualmente se encuentra justo dentro del alminar, se hubiesen extraído parte de los cimientos, al igual que se quitaron sillares de la cuarta y última hilada de cimentación.

Desde los años 30 hasta hace relativamente poco, se creía que las dimensiones del patio de la mezquita primitiva eran las que se pueden ver en la Figura 3.9. Esto se corrigió tras las intervenciones arqueológicas llevadas a cabo por Pedro Marfil, a las cuales nos referiremos un poco más adelante y de las cuales lamentablemente no se tienen muchos datos.

En su publicación, el historiador del arte (Pavón Maldonado, 1976), afirma que entre la base real del alminar de *Hishām I*, es decir la parte vista, y la cimentación del mismo, debió de existir una zarpa o escalón cuyas dimensiones se aproximasen a los 5 metros. De esta forma el alminar tendría las mismas proporciones que el de la mezquita de *Madinat al-Zabra*.

Esto se vería confirmado por las crónicas árabes, que mostraba que la altura de este alminar era de 40 codos y su base de 10 codos al igual que las dimensiones del alminar de *Hishām I*, pero como se verá, el tipo de codo utilizado para la construcción de ambos alminares fue distinto. Además, este planteamiento de Pavón se opone a lo encontrado en la cimentación de la mezquita de Córdoba como ya exponía el arquitecto Hernández.

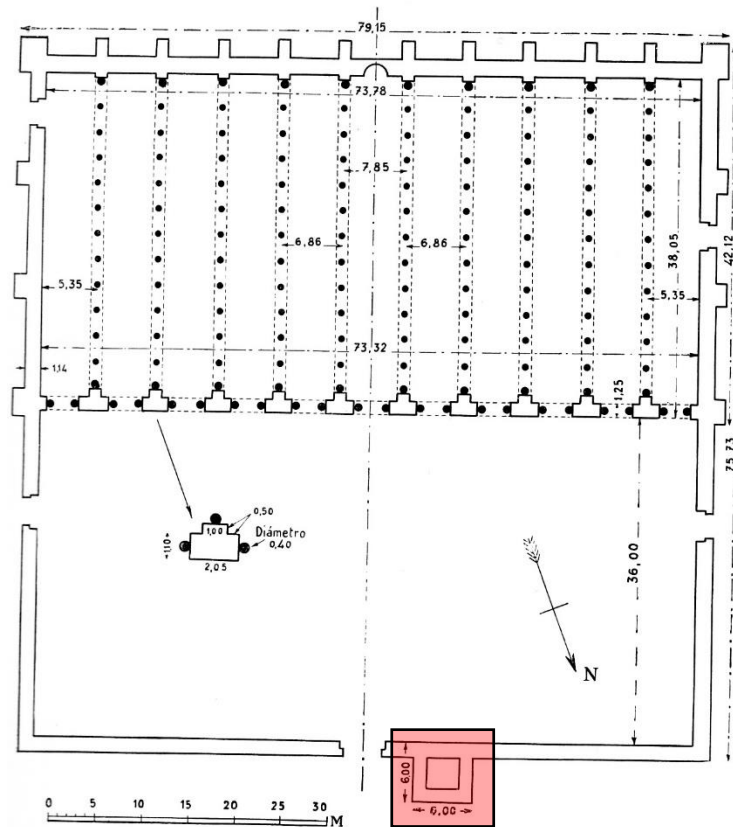


Figura 3.9. Planta a fines del siglo VIII. Plano de L. Torres Balbas, 1957. (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).

En las excavaciones realizadas por el arqueólogo Pedro Marfil en el Patio de los Naranjos, y recopilados en parte en su tesis doctoral (Marfil Ruiz, 2010), se halló la cimentación del muro Norte del Patio, la cual tenía una anchura de 2 metros. Además de esto, también se ha visto que las galerías del patio ya estaban comenzadas en época de *‘Abd al-Rahmān I* y por tanto su hijo *Hishām I* se dedicó a terminar el trabajo comenzado por su padre, aunque como se ha dicho, la falta de documentación o acceso a la misma nos obliga a poner en duda esta documentación.

Además de esto, el muro está situado más al norte de lo que supuso Hernández. Según Pedro Marfil, debió de encontrar el muro perteneciente a la cimentación de la galería del patio. De esta forma, el alminar no queda totalmente fuera del patio, como se ha visto en la Figura 3.9, sino que queda en su interior, Figura 3.10, sombreado rojo.

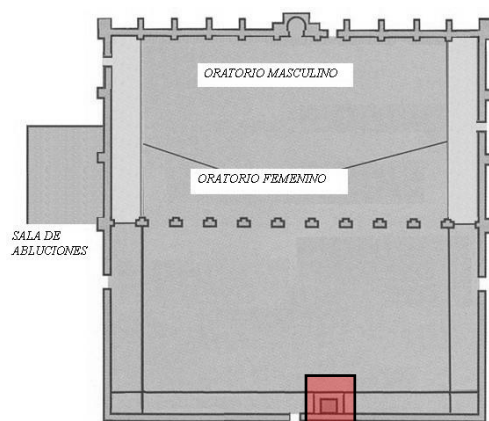


Figura 3.10. Planta general a fines del siglo VIII, (Marfil Ruiz, 2010)

3.3.2. Metodología. Recopilación y estudio de las medidas y Reconstrucción tridimensional del alminar de Hishām I.

Como ya se ha expuesto en el Capítulo 3.1, el uso de la estadística es de gran utilidad para el planteamiento de reconstrucciones con veracidad. Así también como el uso de proporciones y tratados matemáticos antiguos, Capítulo 3.2, para analizar y descartar posibles hipótesis. Teniendo siempre claro que tanto las proporciones, las matemáticas y la geometría deben ser extremadamente simples.

Una vez obtenidas todas las medidas necesarias para la reconstrucción de nuestro complejo arquitectónico, bien sea mediante el uso de proporciones, estadísticos o ejemplares similares, pasamos a diseñarlo tridimensionalmente mediante alguno de los muchos softwares existentes en el mercado, ya sean gratuitos como Sketchup o Blender, o bien de pago, como 3D Max, Catia, Solid Edge.

3.3.2.1. Organización Interna.

Cómo ya se estudió en el análisis estadístico realizado en el Capítulo 3.1, los alminares, en función de su época de construcción, variaron su organización interna, siendo los de interior y machón central circular los más antiguos. En nuestro alminar, edificado por el emir *Hishām I*, no tenemos constancia del interior del mismo, ya que durante las excavaciones y como ya ha sido expuesto, no se encontraron restos del machón central. Por este motivo, se plantearán diversas hipótesis de trabajo, las cuales se definirán en puntos sucesivos.

En el caso de contar nuestro ejemplar con machón central, éste sería circular, ya que tanto el alminar de *Ibn Adabbas*, edificado cuarenta años después, como el alminar de Santiago, Córdoba, tienen interior de este tipo. No apareciendo en al-Andalus los alminares de interior rectangular hasta el siglo X. Todo esto nos lo confirma a su vez el estudio estadístico realizado y analizado en el Capítulo 3.1.

Además, se debe tener en cuenta que estos alminares, el de *Hishām I* y el construido para la mezquita de *Ibn Adabbas*, tienen las mismas dimensiones de planta. Teniendo 5.85 m el de *Ibn Adabbas* y una cimentación de 6.06 m el de *Hishām I*. Esta dimensión corresponde con 10 codos de la clase *raṣṣāṣī* (58,76 cm), que será la que utilicemos para la reconstrucción de este primer alminar de al-Andalus.

De momento sabemos que su planta exterior es cuadrada y tiene unas dimensiones de 10 codos *raššāš*, esto se conoce tanto por la cimentación encontrada, como por las crónicas ya citadas. Interiormente no sabemos nada a ciencia cierta, por lo que plantearemos varias hipótesis, una de ellas como se ha visto, con machón central circular y escalera de piedra girando en torno al mismo.

Haciendo uso de las proporciones encontradas en nuestro análisis estadístico, el diámetro exterior de la escalera de este ejemplar sería de $\frac{3}{4}$ la medida de la base, lo que nos daría un diámetro exterior de 7.5 codos *raššāš*, dejando de esta forma 7.5 codos para la ida de escalera del alminar y el diámetro del machón central.

Por todo esto, tenemos que la base a nivel de suelo tendría unas dimensiones de 5.876 m (10 codos *raššāš*, siendo cada codo de 58.76 cm) y su diámetro exterior será de 7.5 codos *raššāš* o 4.407 m, dejando por tanto en su parte más estrecha un grosor del muro de 1,25 codos o 73,45 cm, que es, con escasa diferencia, el ancho de dos sillares dispuestos a soga. La cimentación estaba formada por un ancho de tres sillares a soga con un ancho igual al tizón, Figura 3.8, que tenía una medida de 1.20 m sin labra y 1.14 m labrado, siendo por tanto el ancho de dos sogas 76 cm, como vemos, escasa diferencia con la calculada mediante proporciones, 73.45 cm.

Se debe tener en cuenta, que la cimentación hallada por Hernández tenía sus sillares con unas dimensiones mayores a las utilizadas por su padre, *‘Abd al-Rahmān I* debido a que se encontraban sin labrar. Una vez reducidos los sillares a sus dimensiones definitivas, tendríamos esa pequeña reducción existente entre la cimentación (6.06 metros) y la anchura final calculada (5.87 metros). Por lo que, de momento, y siguiendo con las proporciones estudiadas, pensamos que las del presente alminar coinciden con las halladas en el alminar de *Ibn Adabbas*, siendo el del presente estudio precedente a éste.

Para el ancho de las escaleras tenemos una proporción de 0.15 veces la base exterior de nuestro alminar. Tendremos por tanto un ancho para la escalera de 88.14 cm lo que coincide con 1.5 codos para el ancho de los peldaños, es decir, la distancia entre la circunferencia exterior e interior de la caja de escalera. Por tanto, con las medidas ya calculadas podemos hallar el diámetro del machón central, para ello basta con restar a la base exterior el grosor del muro en su parte más estrecha y dos veces el ancho de las escaleras. Obteniendo de esta operación un resultado de 2.64 m para el diámetro del machón central, medida que si dividimos por el valor de un codo *raššāš* vemos que coincide exactamente con 4 codos y medio.

Si sumamos los valores calculados en codos obtendremos, como no podía ser de otro modo, los diez codos de base que tiene el alminar. Serían, por tanto, cuatro codos y medio del machón central, más tres codos del ancho de las escaleras, más dos codos y medio del ancho del muro exterior en sus puntos más extremos.

Según lo calculado, ya tenemos las medidas básicas del interior del alminar, las cuales coinciden además con números sencillos y exactos de codos, facilitando de esta forma su traza y construcción. Una vez dimensionada la base del alminar pasaremos a dimensionar los peldaños y el número de ellos que pudo tener su escalera en caso de ser de piedra, que como se ve por las proporciones, tiene visos de ello.

Para calcular el número de peldaños necesitamos conocer la altura a la cual se encontraba la azotea del almuédano, pasaremos pues a dimensionar únicamente los escalones, dejando para más adelante el cálculo del número necesario de ellos. Para este cálculo me basaré en el estudio realizado por Hernández para el alminar de *‘Abd al-Rahmān III* (Hernández Giménez, 1975) y en la toma de medidas realizadas por mí en el campanario, antiguo

alminar, de la Iglesia de Santiago de Córdoba. Empezaremos pues con las medidas tomadas en este último alminar al ser más cercano al estudiado y tener interior circular.

Debido a la falta de información métrica acerca de la ventana de este alminar, y con el objetivo de realizar el estudio de proporciones que Hernández no pudo efectuar, se llevó a cabo la medición completa de la ventana y parte de la escalera. En primer lugar, y aprovechando el acceso al alminar, se hicieron mediciones en varios escalones de la escalera circular, siendo la altura de los mismos de entre 17 y 21,5 cm y la huella tiene un valor medio interior de 29 cm, exterior de 41 cm y la media de pie en el centro de los escalones es de 34 cm.

La anchura de la escalera en la parte que desembocaría en el segundo cuerpo, dirección N-S, tiene un ancho de 54.1 cm en la parte inferior y de 50.7 cm en la parte superior. Esto es una proporción de 0,5 con respecto al diámetro del machón central, dejando de esta forma suficiente asiento para el segundo cuerpo, el cual apearía sus muros sobre el machón, Figura 3.11.

En su estudio, Hernández da una altura para cada peldaño del gran alminar de *‘Abd al-Rahmān III* que varía entre los 20.9 cm y los 26 cm (Hernández Giménez, 1975), dependiendo de la ubicación y la altura necesaria que debiesen superar. Además, añade que la longitud de la huella es de 47 cm en todos los peldaños recuperados, que como ya expone, esta medida es igual a un codo de clase *mā’mūni*.

En nuestro caso, y adelantándonos al cálculo de la altura, tendremos peldaños que varían entre los 18 y los 22 cm. En cuanto al desembarco de la escalera a través del machón central, el alminar de Santiago usa la proporción de 1/2 el diámetro del machón, debido a que tiene que dejar suficiente machón central para el apoyo del segundo cuerpo.

En el alminar de *Hishām I*, debido al mayor tamaño del machón central, conservaremos el mismo ancho que ya tiene la escalera, es decir, 88.14 cm lo que nos da una proporción de 1/3 el diámetro del machón central.

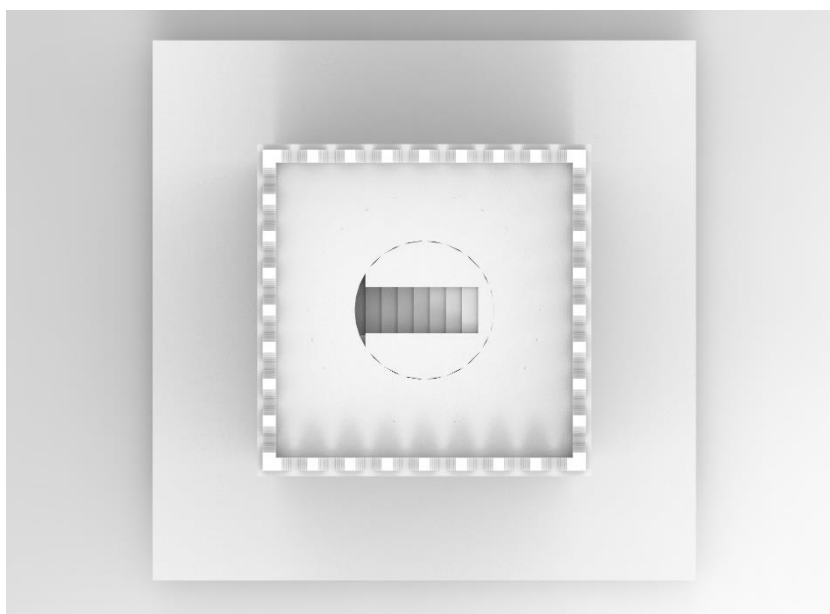


Figura 3.11. Reconstrucción del desembarco de la escalera en la azotea.

Relación del desembarco de la escalera y el machón central

$$R = \frac{88,14 \text{ cm}}{264,42 \text{ cm}} = \frac{1,5 \text{ codos}}{4,5 \text{ codos}} = \frac{1}{3} = 0,3\overline{3}$$

De esta forma, y a expensas de algunos detalles ya tenemos la distribución interna del alminar, cuyos planos pueden verse en el Anexo II.

3.3.2.2. Ventanas y Saeteras del alminar.

Una de las zonas o partes más características de un alminar son sus ventanas, por lo general, ventanas de arcos gemelos, procedentes de la arquitectura visigoda. Aunque Hernández (Hernández Giménez, 1975) hizo un estudio de la ventana del alminar de San Juan de los Caballeros, se llevó a cabo un trabajo para medir mediante el uso de fotogrametría, además de tomar algunas medidas que el arquitecto no da en su trabajo.

Para realizar la comprobación de esta medida, se realizó una reconstrucción mediante fotogrametría y se midió el ancho de la ventana, la cual mide 169 cm. Medida, dentro de los valores dados por Hernández. Para la realización de la fotogrametría se empleó una cámara Réflex Canon 1100D con trípode, tomando 46 fotos a unos 6 metros de la torre en un día nublado, evitando así las sombras producidas por el sol. Para la restitución se ha utilizado el software Agisoft Photoscan (Agisoft Photoscan, 2016), Figura 3.12.

Asimismo, durante la investigación, y ante la falta de datos acerca de la ventana existente en el alminar de la iglesia de Santiago de Córdoba, se realizó la medición y estudio de la misma. Se llevaron a cabo mediciones de todas sus partes mediante el uso de un distanciometro láser y una cinta métrica. Estas medidas se pueden ver en la Figura 3.13.

Siguiendo los pasos del arquitecto Hernández, se puede calcular la proporción entre flecha y diámetro de los arcos gemelos, obteniendo un valor de 0.88 (66.5:75.4 cm), un valor, muy alejado de los 3:4 (0.75) obtenidos en la ventana de *Ibn Adabbas*. En este caso, estamos más cerca de una proporción 3.5:4 (0.875). Proporción la del alminar de Santiago igual a la existente en el alminar de San Juan de los Caballeros, y estudiada por el arquitecto. Igualmente, tanto el diámetro de los arcos gemelos como el ancho de la ventana son menores a los de *Ibn Adabbas*.

Su sillería tiene una medida de 45.5 cm de ancho, 51 cm de alto en las sogas y 20 cm de ancho y 50.5 cm de alto en aquellos sillares colocados a tizón. La altura a la que se encuentra la actual puerta de entrada, y, por tanto, también la original ya que están al mismo nivel, es de 1.64 m, a los cuales habría que sumar otros 40 o 50 cm de profundidad a la que se encuentra el suelo original y del cual aún se conserva un testigo en el interior de la Iglesia.

Si se analizan las proporciones de las ventanas de los alminares de *Ibn Adabbas*, Santiago de Córdoba y San Juan de los Caballeros se observa como hay una variación entre la primera y las dos últimas. En el caso de *Ibn Adabbas* tenemos una proporción entre flecha y diámetro de 3:4 mientras que la proporción en Santiago y San Juan es de 3.5:4, indicándonos, por tanto, que nuestro alminar en estudio, siendo el primero, tendría una proporción idéntica o más cercana a la ventana del alminar de *Ibn Adabbas*. Esto nos lleva a elegir la proporción de 3:4 para el trazado de nuestra ventana.

Pero, ¿dónde ubicar la ventana? ¿en un solo frente, en los cuatro frentes?, y, ¿A qué altura estaría ubicada? Para contestar estas preguntas basta observar con detenimiento los ejemplares que aún se conservan.

Como ya estudió Hernández en *Ibn Adabbas*, (Hernández Giménez, 1975) y se ha hecho en la Iglesia de Santiago, Córdoba, ambos alminares tienen una única ventana de arcos gemelos, la cual se encuentra ubicada hacia el sur, lugar en el que se encontraba el lado noble o muro de quibla. Sin embargo, el alminar de San Juan, siendo posterior, cuenta con cuatro ventanas, una en cada uno de sus frentes, pero únicamente la que mira al sur, hacia el antiguo muro de quibla, es practicable, siendo las otras tres ventanas ciegas o fingidas.

En cuanto a la altura a la que pudo encontrarse ubicada nada sabemos, aunque si conocemos que la ventana de San Juan de los Caballeros se encuentra a 6,16 metros de altura, y la ventana del alminar de Santiago de Córdoba se encuentra a unos 4,70 metros aproximadamente con respecto al suelo original.

En este caso no podemos afirmar la altura a la que se encontraría, al menos de momento. A falta de estudiar la distribución de los peldaños, los cuales arrojarán una medida aproximada de la altura de la ventana, ya que ésta debe encontrarse tras realizar un giro completo entorno al machón central.

Por último, la decoración exterior de esta ventana de arcos gemelos sería como las existentes y siguiendo el mismo patrón ya utilizado en la sala de oración de la mezquita construida por el emir 'Abd al-Rahmān I, combinando sus dovelas de piedra y ladrillo y con columna como parteluz, con su basa, fuste y capitel romano. Por tanto, y como se ha escrito, ya tenemos el tamaño, proporción y ubicación de la ventana, a falta de conocer su altura para poder definirla completamente, Figura 3.14.

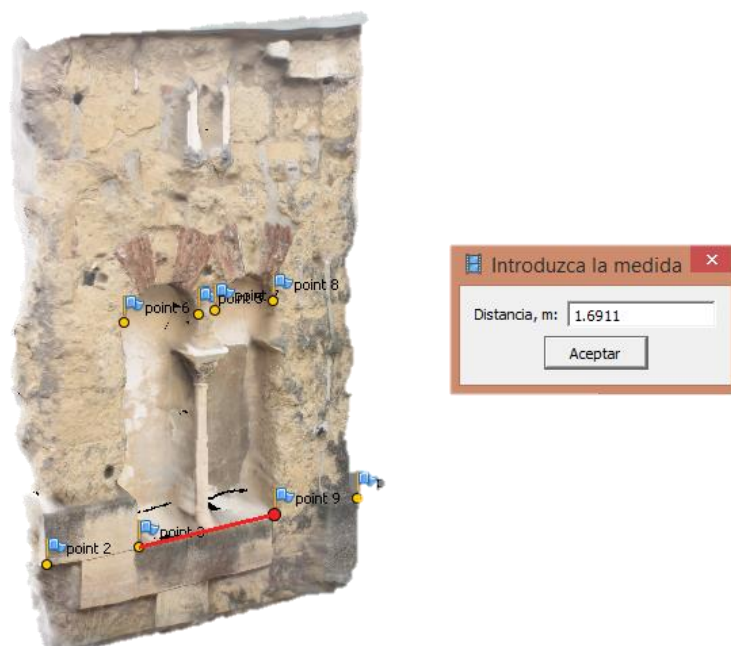


Figura 3.12. Reconstrucción fotogramétrica de la ventana NO del alminar de San Juan.

Además de la iluminación proporcionada por la ventana, los alminares contaban con pequeñas saeteras ubicadas en su paramento que ayudaban a iluminar el interior de la caja de escalera. Estas saeteras podemos verlas en el alminar de Santiago de Córdoba, y en el alminar de la Ermita de Santiago del Camino entre otros. Las saeteras, por lo general, se encuentran ubicadas en la cara Norte del alminar, enfrentadas a la ubicación de la ventana y con gran iluminación a lo largo del día.

Las saeteras originales que se conservan están realizadas mediante la supresión de uno de los tizones que conforman el paramento, siendo esto suficiente para iluminar el hueco de escalera de ese sector. Por tanto, una vez sepamos la altura del alminar y la distribución interna de la escalera podremos ubicar una o dos saeteras que iluminen su interior. Antes de pasar a dicho estudio, nos falta analizar la puerta de entrada que pudo tener nuestro alminar.

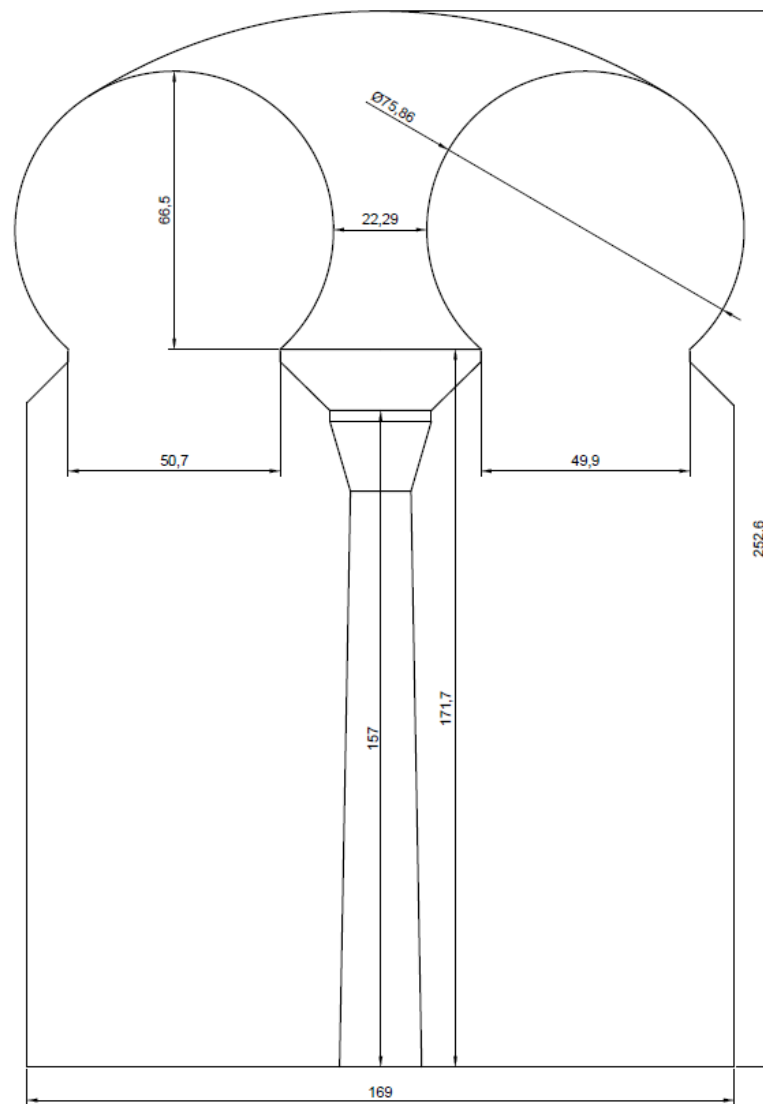


Figura 3.13. Medidas de la ventana del alminar de la Iglesia de Santiago.

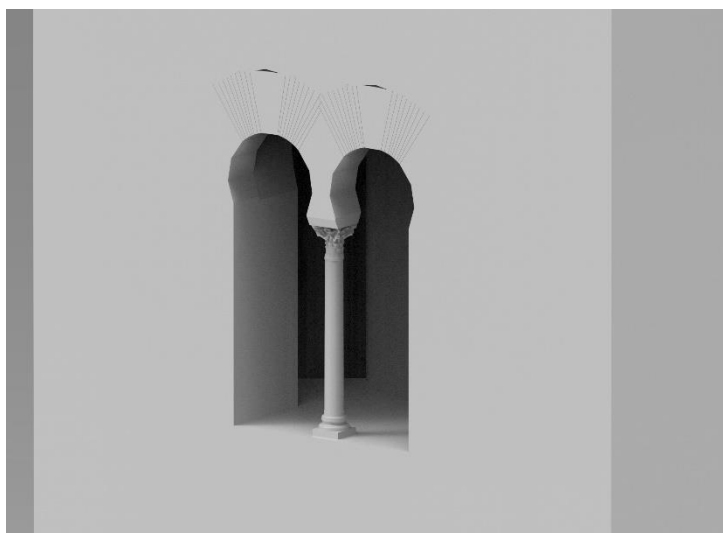


Figura 3.14. Ventana del alminar de Hishām I.

3.3.2.3. Puerta del Alminar

Por norma, los alminares cuentan con una puerta de entrada sobria y con escasa decoración, al menos durante los primeros siglos de la expansión del islam. Esto se puede observar tanto en la puerta del alminar de la Iglesia de Santiago como en la del alminar de San Juan de los Caballeros o el alminar de Santa Clara, todos ellos en Córdoba.

De la puerta del alminar de Santiago solo tenemos la breve descripción realizada por Hernández en su obra, ya que el actual vano de entrada es una reforma realizada con posterioridad. De este vano Hernández dice lo siguiente (Hernández Giménez, 1975):

«Su puerta, de que no hemos logrado averiguar si la cobijó un dintel o un arco, se abre en el frente O. y es de organización muy rudimentaria, tanto que hasta de batiente parece haber carecido.»

Del precedente que tenemos tampoco Hernández nos da dato alguno, simplemente que la puerta del alminar de *Ibn Adabbas* fue descubierta en 1932, y que se ubica en su frente sur. Si tenemos, no obstante, las dimensiones de la puerta de San Juan de los Caballeros la cual tiene una anchura de 63 cm y una altura de 2.14 m. Este vano de entrada está formado por un dintel de piedra, una pieza de madera, con los orificios para las hojas y otra piedra caliza. Como ya se ha estudiado, para el tipo de codo con el que creemos fue construido, el ancho de su puerta equivale a un codo y su altura se aproxima a los 3.5 codos.

Además de este ejemplo, también tenemos el vano de entrada del alminar de Velefique, Almería, con una anchura de 60 cm y una altura de 1.70 m, puerta también cercana a un codo de anchura del tipo *raššāš*. Otro alminar del que se conoce su vano de entrada es el de la Ermita de Santiago del Camino, Cádiz. El cuál tiene un ancho de 79 cm y está cobijado por un dintel en forma de arco de época preislámica. Puerta ésta que coincide con 1.5 codos de ancho del tipo analizado para este alminar.

Por último, tenemos el vano de entrada presente en el alminar de Santa Clara en Córdoba, el cual tiene 99 cm y al igual que antes, para el tipo de codo estudiado en este ejemplar coincide aproximadamente con 1.5 codos.

A partir de estos datos estudiados se decidió que el alminar de *Hishām I* debió tener una puerta sin gran decoración, con dintel recto o como mucho aprovechando algún resto de

la antigua Basílica de San Vicente para la construcción del mismo. En cuanto a su ubicación, ésta debió estar abierta en el mismo frente que la ventana, orientada de esta forma hacia el muro de quibla de la primitiva aljama como muestra la Figura 3.15.

La anchura del vano sería de un codo o a lo sumo 1.5 codos del tipo *raššāšī*, variando por tanto entre los 58.76 cm y los 88.14 cm. Su altura se encontraría en torno a los tres codos, dando por tanto una altura de 1.76 m. Ya que la escalera tiene un ancho de 1,5 codos y se ha visto que esta medida se encuentra presente en varias puertas de alminares, se escogerá esta dimensión para la puerta del alminar en estudio.

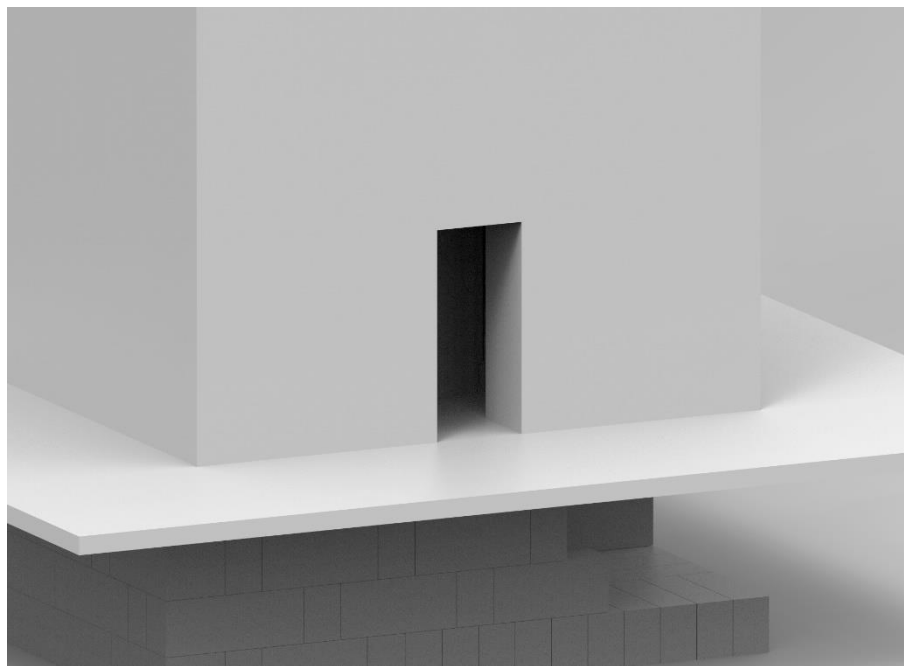


Figura 3.15. Puerta del alminar y cimentación encontrada por Hernández, (Hernández Giménez, 1975), en el patio de los naranjos.

3.3.2.4. Altura de los diferentes cuerpos y Organización de la escalera.

Tras el estudio realizado por Pavón Maldonado en cuanto a las alturas y ya descrito en el Capítulo 3.2 (Pavón, 1976), poco me queda que decir al respecto excepto aprovecharlo para el estudio de nuestro alminar. Sabemos que la base tiene una longitud de 10 codos, esto gracias a los textos árabes y a la cimentación hallada en el patio de la Santa Iglesia Catedral de Córdoba. Además, según las crónicas y como ya se vio, este ejemplar tendría 40 codos de altura, que, si comprobamos con las proporciones de Pavón, la altura total entre la medida de la base, obtenemos una relación de 1/4.

Llegado a este punto retomamos dos hipótesis que se plantearon en un primer momento: alminar con machón y escalera interior de piedra o alminar sin machón y escalera interior de madera. En el primer caso tendríamos los siguientes valores de altura para sus diferentes partes.

1º Caso

<i>Base del alminar</i>	<i>10 codos</i>	<i>5,87 m.</i>
<i>Altura del primer cuerpo</i>	<i>30 codos</i>	<i>17,63 m.</i>
<i>Altura del segundo cuerpo</i>	<i>10 codos</i>	<i>5,87 m.</i>
<i>Base del segundo cuerpo</i>	<i>5 codos</i>	<i>2,94 m.</i>
<i>Altura total del alminar</i>	<i>40 codos</i>	<i>23,50 m.</i>

Valores, por ejemplo, el de la altura del primer cuerpo, de 3 veces la base del alminar, que podemos encontrar en el alminar de San Juan de los Caballeros, Córdoba, entre otros. En el segundo caso, alminar sin machón central y con escalera de madera, ya no tendría segundo cuerpo, al menos de piedra, debido a la falta de apoyo sobre el que se pueda sustentar, pudiendo eso sí ser de madera, cosa no vista en ningún alminar de occidente ni de oriente.

Pero también tendría gran complejidad la construcción de la azotea sin el machón central que diese rigidez y estabilidad al sistema. En todo caso, acerca de este punto ya se hablará en sucesivos apartados. Las dimensiones por tanto de este método constructivo serían las siguientes:

2º Caso

<i>Altura total</i>	<i>40 codos</i>	<i>23,50 m-</i>
<i>Base</i>	<i>10 codos</i>	<i>5,87 m.</i>

De esta forma, tendríamos un ejemplar muy esbelto, demasiado para la época, tanto emiral como califal, ya que según la reconstrucción que hizo Hernández del gran alminar de *‘Abd al-Rahmān III*, la altura del primer cuerpo era de 3.63 veces la base y contaba con un muro central y dos machones para las dos escaleras. Resultando por tanto de esta forma constructiva, un alminar demasiado esbelto e inestable para una época tan primitiva del islam. Se debe tener en cuenta también, que los terremotos solían causar graves desperfectos en los alminares, incluido el de *‘Abd al-Rahmān III*, y por tanto un alminar tan frágil sería muy inestable frente a este tipo de desastres naturales.

En el caso de contar con un segundo cuerpo de madera, obtendríamos las mismas proporciones que para el primer caso, alminar con machón y escalera de piedra, aunque seguiríamos teniendo el problema de construcción de la azotea y los problemas de estabilidad ya comentados. Por lo tanto, tenemos las siguientes hipótesis en cuanto a alturas se refiere:

3º Caso: Alminar sin machón y con linterna de madera.

<i>Altura del primer cuerpo</i>	<i>30 codos</i>	<i>17,63 m.</i>
<i>Altura del segundo cuerpo</i>	<i>10 codos</i>	<i>5,87 m.</i>
<i>Base del segundo cuerpo</i>	<i>5 codos</i>	<i>2,94 m.</i>
<i>Altura total del alminar</i>	<i>40 codos</i>	<i>23,504 m.</i>

Una vez conocida la altura del alminar, se distribuirán los peldaños de tal forma que cumplan con las alturas de cada peldaño y el desembarco se lleve a cabo en la azotea. Como es norma, tanto la puerta, la ventana y la salida de escalera se encuentran encarados hacia el frente que mira a quibla, en nuestro caso el frente sur, orientado hacia el río Guadalquivir.

Con esta premisa y la altura de los escalones que ya se vio, se plantó el trazado, con su salida a la azotea atravesando el machón central, Figura 3.16.

Siguiendo el desarrollo de la escalera, la ventana queda ubicada a una altura de 5,74 m, medida muy aproximada a 10 codos del tipo *raššāš*. Número igual de codos que el utilizado en la ubicación de la ventana de San Juan de los Caballeros, aunque siendo estos de otra clase como ya se estudió. Una vez analizado el trazado de las escaleras, pasaremos a estudiar el tipo de bóveda que pudo cubrir la ida de escalera y servir de soporte para la ida superior.

3.3.2.5. Bóvedas de las idas de escalera.

Según el trabajo de campo realizado por Hernández en el alminar de San Juan de los Caballeros, Córdoba, la bóveda de este alminar está realizada de ladrillo, del mismo tamaño que el usado en la decoración de las ventanas exteriores. Según el arquitecto, algo más de la mitad de la primera vuelta de la escalera se apoya sobre sillares no recortados en la obra.



Figura 3.16. Interior y altura de los dos cuerpos del alminar.

La bóveda comienza en la puerta de entrada al alminar, donde realiza un giro completo antes de llegar a la ventana. Durante la meseta de la ventana la bóveda es sustituida por sillares paralelos y una vez terminada la meseta e iniciada la siguiente vuelta de la escalera vuelve a comenzar la bóveda.

Según Hernández este tipo de bóveda es semejante a la utilizada en el mundo bizantino, que a su vez fue importado de Mesopotamia. Añade que diversas construcciones Omeyyas en Siria tenían bóvedas de la misma clase, dándonos como ejemplo las bóvedas de *Qasr al-Tuba*, *Mšatta* y *Yibāl Sais*. Pero, además, en la Península, en Portugal, perdura un ejemplar preislámico con este tipo de bóveda, en la Iglesia de San Fructuoso de Montellios.

En este caso tenemos una clara falta de ejemplos anteriores, ya que éstos han sido reformados con posterioridad, la mayoría durante los primeros años de la Reconquista o durante el Renacimiento. Por tanto, y ya que como Hernández afirma, existen ejemplos preislámicos. Elegimos para el alminar de *Hishām I* el sistema constructivo visto en el alminar de San Juan de los Caballeros, Figura 3.17.

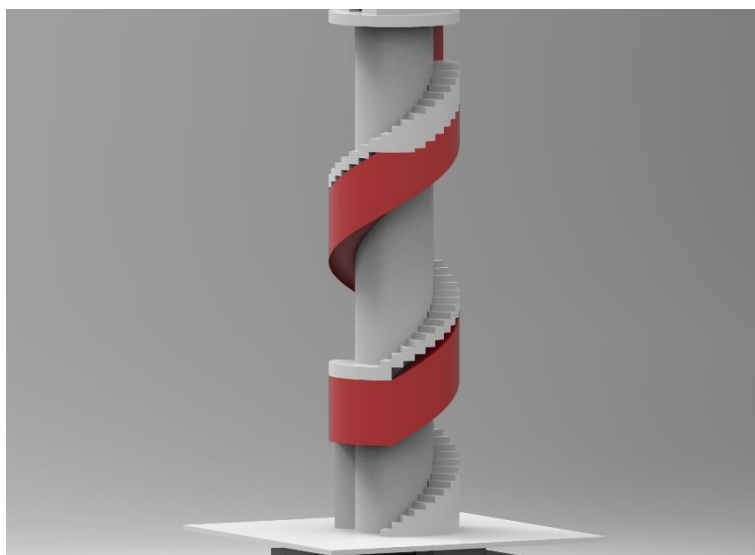


Figura 3.17. Bóvedas de las escaleras del alminar.

3.3.2.6. Segundo Cuerpo o Linterna del alminar y Recubrimiento exterior.

Una de las últimas partes que faltan por estudiar es el llamado segundo cuerpo o linterna del alminar. De este segundo cuerpo no tenemos datos apenas, excepto el que tenía el gran alminar de *'Abd al-Rahmān III* del que se conservan algunos grabados y esquemas, careciendo de datos en el resto de alminares.

Esta carencia de información se debe al desmoche o derrumbe de la linterna durante la reconquista, momento en el que se sustituye el segundo cuerpo de los alminares por un cuerpo de campanas, procediendo así a la conversión de las mezquitas islámicas en Iglesias cristianas.

Sabemos, eso sí, la anchura y la altura de la linterna gracias a las proporciones anteriormente analizadas, aunque nada sabemos acerca de su decoración y remate. De su decoración, sólo sabemos que debió tener un vano que diera salida a la escalera, siendo esta puerta del mismo estilo que la existente en el primer cuerpo. Puerta primitiva y con poca o nula decoración, que pudo carecer seguramente hasta de puerta, Figura 3.18.

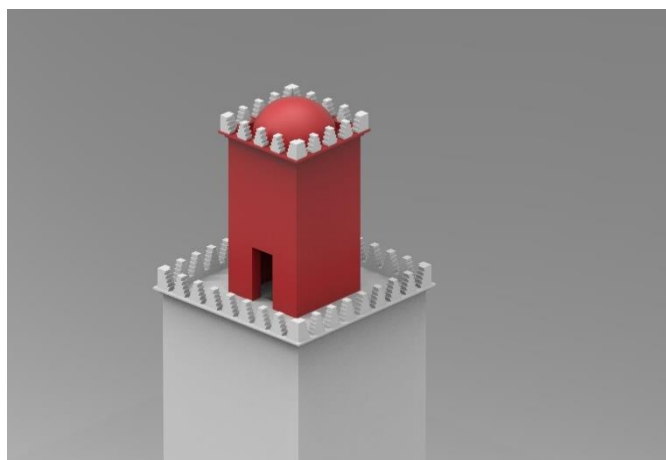


Figura 3.18. Segundo cuerpo del alminar y terminación mediante cúpula.

Por tanto, no tendría más que un vano de entrada y sin ventanas fingidas o practicables en sus otros frentes al igual que ocurre en el primer cuerpo. En cuanto a su terminación superior, ésta pudo ser de dos formas como apunta Pavón (Pavón Maldonado, 1976) para la restitución del alminar de *Madinat al-Zahra'*. Este segundo cuerpo pudo estar rematado con un conjunto de almenas y azotea o bien mediante almenas y un tejado a cuatro aguas. Se plantean las dos posibilidades para la restitución del alminar de *Hishām I* en el Anexo II. Plano 9.

3.3.2.7. Almenas.

Por último, y para definir completamente nuestro ejemplar se hará un breve estudio de las almenas que coronarían el primer y segundo cuerpo. Las llamadas almenas de dientes agudos y presentes a lo largo y ancho de todo el mundo islámico, se pueden ver entre otros sitios coronando todo el perímetro de la Mezquita Catedral de Córdoba. Este tipo de almena, muy característico por su geometría, tiene su procedencia en la antigua Siria paleocristiana, usada ya por los primeros cristianos para la construcción de sus edificios y ciudades.

Esto se ve perfectamente en la Iglesia de San Esteban (*St. Stephen*) en el emplazamiento de *Kastrom Mefa'a* o de *Umm er-Rasas*. En dicha iglesia se encuentra un pavimento formado por un gran mosaico en el cual se muestran las principales ciudades existentes en la zona en aquella época, datado en el siglo V-VI d.C. Por tanto, las ciudades que aparecen en él y su decoración son anteriores a la llegada del islam.

En la Figura 3.19, en la que se muestra la ciudad de *Kastrom Mefa'a*, emplazamiento del propio mosaico. Si se observa la imagen con atención se puede ver como en la parte superior y coronando el muro de contorno de la ciudad aparecen las almenas de dientes agudos, aunque lógicamente simplificadas al tratarse de un mosaico. Además, en la parte inferior aparece una columna estilizada que representa la torre estudiada por Michelle Piccirillo y analizada anteriormente en este capítulo, (Mariano y Almagro Gorbea, 1991).

En cuanto a las medidas y proporciones de las almenas, nada más nos queda por decir que lo ya dicho, y estudiado por Hernández y Maldonado. La proporción entre su base y altura será de $\frac{1}{2}$ como lo estudiado en las almenas aparecidas en el alminar de San Juan de los Caballeros y *Madinat al-Zahra'*, Córdoba.

En cuanto a sus dimensiones, usaremos las de estas mismas almenas, teniendo por tanto las almenas del primer cuerpo 72 cm de altura y 43 cm de base, mientras que las almenas del segundo cuerpo tendrán 60 cm de altura y una base de 35 cm, Figura 3.20.

Hasta el momento hemos estudiado de este alminar su paramento y sillería, su planta y proporciones, la ventana y las saeteras que iluminarían el interior del alminar, su vano de entrada, alturas del primer y segundo cuerpo, la organización de su escalera, sus bóvedas y por último sus almenas. Pero, hay algo más que falta y que por norma no se ha estudiado, y es su acabado exterior.



Figura 3.19. Mosaico de la ciudad de Kastrom Mefa'a. APAAME (Aerial Photographic Archive for Archaeology in the Middle East), University of Western Australia and Oxford University.

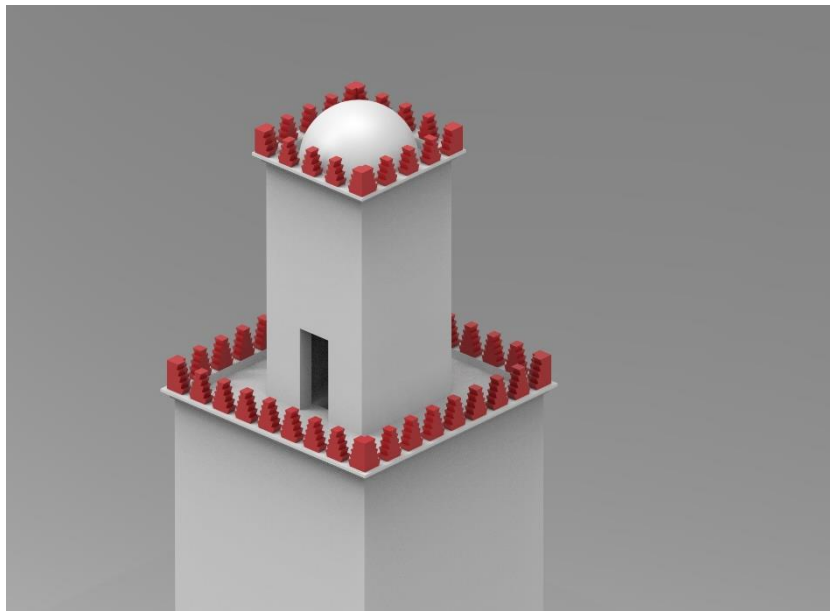


Figura 3.20. Modelado tridimensional de las almenas con el software Solid Edge.

La construcción de edificios en Córdoba y provincia se llevó a cabo utilizando la piedra calcarenita. En la provincia de Córdoba provino principalmente de Luque, Córdoba. Esta

piedra se formó hace millones de años bajo el fondo oceánico mediante la compactación de arena y restos fósiles; al ser arena compactada, no se conserva en buenas condiciones cuando se encuentra a la intemperie, ya que la lluvia al caer sobre ella desgrana la arena disolviendo poco a poco la piedra.

Es por este motivo por el que todos los edificios construidos con esta piedra se encontraban enfoscados mediante una capa de cal y arena y posteriormente pintado sobre ella el paramento, simulando los sillares, aunque sin coincidir estos sillares fingidos con los originales. De esta forma, además de conservar la piedra, se mantenía su apariencia estética mediante el pintado sencillo del enfoscado. Esto se puede ver en la Figura 3.21 en los muros de *Madinat al-Zabra'* en los cuales aún se conservan restos de enfoscado y del color que tuvieron.

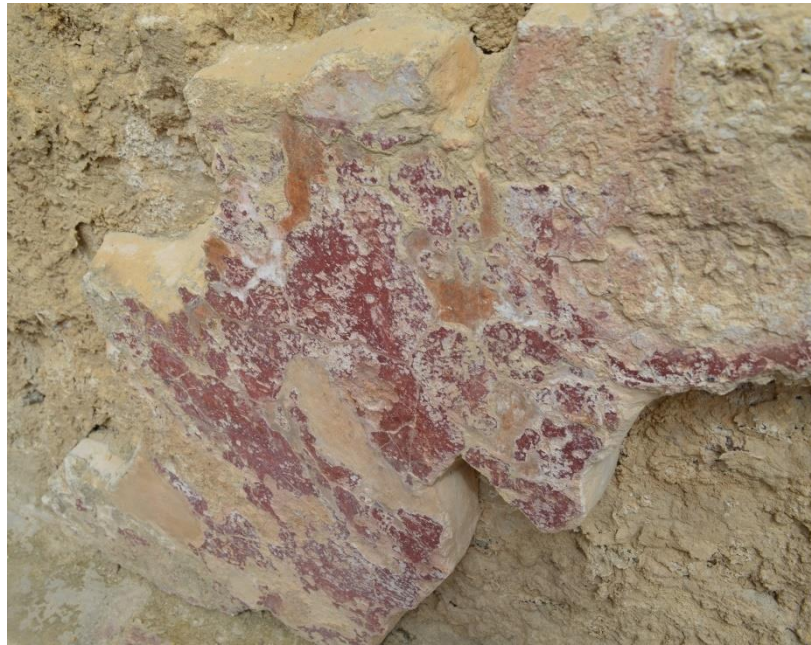


Figura 3.21. Restos del enfoscado original de *Madinat al-Zabra'*.

3.3.3. Resultados y Discusión

3.3.3.1. Modelo tridimensional generado

Para la restitución de nuestro alminar se ha utilizado el software Solid Edge de la compañía Siemens (Siemens PLM Software, 2016). Éste software a pesar de estar diseñado y orientado hacia el sector de la ingeniería, en concreto hacia el diseño y producción de productos, ha demostrado ser muy versátil en diversos campos. Actualmente está siendo usado para la restitución y levantamientos tridimensionales de edificios arquitectónicos como la Catedral de Córdoba. Cada elemento ha sido diseñado de forma independiente para poder modificarlo o eliminarlo de forma más eficiente, además de permitirnos una mayor versatilidad en la generación de planos.

Una de las ventajas de usar Solid Edge, es la posibilidad que tenemos de obtener los planos de la restitución de forma rápida y sin errores, pudiendo obtener tantas vistas y secciones como necesitemos para facilitar la interpretación del mismo. Para el renderizado de las imágenes utilizadas a lo largo del presente capítulo hicimos uso del software Keyshot 6 incorporado en el propio Solid Edge, QR. Modelo 3D Sketchfab.

3.3.3.2. Planos Obtenidos.

I) Planos de alzado del alminar de Hishām I.

En los planos nº 1 y 2 de este alminar, presentes en el Anexo II. *Planos del alminar de Hishām I*, se muestran los cuatro frentes realizados para la restitución de este alminar y su planta. En cada uno de ellos podemos observar la distribución de su paramento y la cimentación hallada por Hernández con respecto a éste.

Para la distribución del paramento se ha seguido la única uniformidad encontrada en su cimentación y que es la colocación de un tizón por cada dos sogas, modificando en algún momento esta regularidad debido a la ubicación de las puertas o de la ventana. En cuanto a la cimentación, mostrada en verde, se encuentra dibujada en su ubicación según los documentos aportados por Hernández y a dieciocho centímetros de profundidad del pavimento original como el arquitecto ya expuso. Por este motivo, la primera hilada a ras de suelo es más pequeña que el resto.

Se observa en el frente sur la puerta de entrada, la ventana que daría iluminación al primer tramo de escalera y la puerta de salida a la azotea a través de la linterna. Además de esto, en el frente norte aparecen las dos pequeñas saeteras, conseguidas tras la supresión de dos sillares del paramento, que iluminarían el segundo y tercer tramo de escalera.

En cuanto a sus dimensiones, tendría una altura total hasta la azotea de la linterna de 23.56 m y de 24.91 m si contamos el remate en forma de cúpula del que más adelante hablaremos. La base del primer cuerpo es cuadrada con unas dimensiones de 5.87 m, mientras que la linterna tiene una base de 2.95 m, siendo la altura del primer cuerpo de 17.67 m.

A continuación, se muestran unas secciones que permiten estudiar el interior del alminar.

II) Sección A-A.

En el tercer plano, «Sección A-A» se puede analizar el corte realizado en el frente este del alminar encarado hacia el sur, por ello en la sección que observamos podemos ver el interior de la torre encarada hacia dicho lado.

Gracias al corte se observa como la salida de la escalera que gira en torno al machón lo hace atravesando el mismo en su último tramo. A lo largo de toda la subida podemos ver algunos peldaños de dicha escalera y la bóveda de medio punto que cubre una ida de escalera, y sirve de apoyo a la ida de escalera superior. Se incluyen además algunas cotas para ayudar a comprender el trazado de la misma.

III) Sección B-B.

En el cuarto plano, «Sección B-B», se ha realizado un corte evitando el machón central para de esta forma poder observar el interior de la ventana de arcos gemelos semicirculares. Dicha ventana, de la que más adelante hablaremos, tiene en su interior un arco de medio punto con la mitad de anchura del muro, siendo por tanto de 38 cm de grosor y dejando los otros 38 cm de muro para los arcos gemelos.

IV) Secciones en Plantas.

Mediante el plano de «Secciones en planta» se ha querido mostrar la planta del edificio a distintas alturas. En primer lugar, tenemos la Sección C-C que muestra la planta del alminar en la planta baja, donde se puede observar la puerta de entrada al alminar y el inicio de la escalera a la derecha, subiendo hacia la izquierda como es norma en este tipo de edificios.

El diámetro del machón central es de 2,64 m de diámetro, siendo el alminar, en este primer tramo, un edificio aún más robusto, ya que toda la primera vuelta es prácticamente macizada mediante el uso de sillares trabados con el muro.

En la Sección D-D se advierte la planta al nivel de la ventana, mediante el mismo podemos analizar el terminal del primer giro de la escalera e inicio del segundo giro, comenzado éste una vez pasada la ventana. Asimismo, encontramos también como la bóveda cubre las idas de escalera.

Por último, la Sección E-E nos muestra la planta de este ejemplar en su azotea, con el desembarco de la escalera atravesando el machón central y haciendo aparición a través de la linterna o segundo cuerpo del mismo.

V) Sección F-F

Como último plano de corte se añade la «Sección F-F» mediante la cual se contempla el interior del alminar en su lado Este, haciendo posible de esta forma el análisis del desembarco superior de la escalera y de las distintas alturas existentes entre las idas de escalera.

Además, se analiza la anchura de la ventana y la anchura del segundo cuerpo de este ejemplar, resultados todos obtenidos a lo largo del estudio.

VI) Perspectivas

Para terminar con este magnífico ejemplar se presentan dos perspectivas del mismo, la primera desde el ángulo sureste y la segunda desde el ángulo noroeste, pudiendo de esta forma apreciar los cuatro frentes del alminar. Se debe recordar que este alminar tendría en su frente Este adosado un muro con la puerta de entrada al Patio de los Naranjos, en el eje con las actuales Puertas del Perdón y de las Palmas. Mientras que por su frente Oeste estaría adosado el muro de cerramiento del Patio que iría a terminar en la Puerta de los Deanes.

VII) Detalles.

En el plano de detalles se muestran dos partes fundamentales de un alminar, su ventana y sus almenas. En primer lugar, debemos mencionar la proveniencia de este tipo de almenas, de origen cristiano. Para su diseño se han utilizado las mediciones y proporciones estudiadas en el apartado 3.3.2. Almenas. Éstas tienen una proporción de 0.55 o 0.6 entre su base y su altura.

En cuanto a la ventana de este alminar, es una copia de las proporciones vistas en el alminar de *Ibn Adabbas* con una base de 178 centímetros que coincide con 3 codos *raššāš* y una proporción entre flecha y diámetro de su ventana gemela de $\frac{3}{4}$ o 0,75. Además, se le ha añadido un parteluz formado por un cimacio, capitel, fuste y basa, todo ellos reutilizados de restos romanos y visigodos.

VIII) Detalle de las posibles linternas.

Ante la total falta de ejemplos para el diseño y estudio del segundo cuerpo de los alminares o linternas no nos queda más remedio que proponer varias soluciones a este respecto, sin que ninguna de ellas prevalezca sobre otra. Para mostrar los tres modelos a los que se ha llegado como posibles remates se ha creado el plano de «Linternas» en cual se muestran las soluciones propuestas.

En primer lugar, en el llamado «Detalle D» se ha rematado la linterna mediante una cúpula formando una media circunferencia muy típica en este tipo de alminares en el Norte de África y es el mismo tipo que Hernández utilizó para la restitución del alminar de *‘Abd al-Rahmān III*, (Hernández Giménez, 1975). Se debe tener en cuenta que en su restitución Hernández aplicó la altura dada por los textos al total de la edificación, mientras que, en este caso, se ha decidido aplicar las alturas únicamente desde las terrazas o azoteas desde las que fuese sencillo medir mediante una cuerda con nudos o marcas.

El segundo modelo, «Detalle E», es la posible solución planteada por Pavón Maldonado para la restitución del alminar de *Madinat al-Zabra’* y la cual también pudo ser utilizada no sólo en ese ejemplar sino en otros muchos de todo al-Andalus. Este remate, a cuatro aguas mediante tejas, tiene visos de poder haber sido el utilizado, ya que todas las naves de la mezquita primitiva construida por *‘Abd al-Rahmān I* tienen una techumbre a dos aguas cubierta con tejas.

Por último, se presenta el «Detalle F» sin ningún tipo de remate, simplemente con una azotea plana o con algo de inclinación, para la evacuación de aguas, al estilo de la azotea del primer cuerpo utilizada por los almuédanos para realizar la llamada a oración. En cuanto al desagüe de las aguas se realizaría en todos los casos mediante una conducción, bien en la piedra o bien metálica que bajase desde lo cimero del alminar hasta el suelo.

3.3.4. Conclusiones

Tras los resultados obtenidos podemos afirmar que se ha conseguido el objetivo principal propuesto en el presente capítulo, la obtención de todas las medidas necesarias para la reconstrucción del alminar de *Hishām I* y su aplicación para la reconstrucción virtual del mismo, haciendo uso de estudios estadísticos, Capítulo 3.1, proporciones y analizando los textos históricos y las fuentes arqueológicas.

En aquellos casos en los que las medidas o proporciones no han sido encontradas en ninguna fuente bibliográfica, se han llevado a cabo las hipótesis de trabajo con mayor grado de veracidad. Estas hipótesis pueden analizarse en el apartado 3.3.3. Resultados y Discusión y en el Anexo II. Siendo las más relevantes la posibilidad de si existió un segundo cuerpo o no, la forma del terminal de este segundo cuerpo, o si tuvo machón central o careció del mismo. Puede que gracias a los estudios llevados a cabo en los Capítulos 3.1, 3.2 y 3.3, estemos contemplando de nuevo, 1063 años después, el alminar edificado por el emir Hishām I, aportando ello un gran valor para el conocimiento del Patio de los Naranjos de la Mezquita-Catedral de Córdoba.

Además del objetivo principal de este capítulo, que es la reconstrucción tridimensional del alminar de Hishām I, como objetivo secundario se plantea la metodología de trabajo a seguir en la reconstrucción de este tipo de edificios.

- Identificar las fuentes históricas y estudios arqueológicos previos del emplazamiento en estudio o de emplazamientos que tengan relevancia con el complejo arquitectónico.
- Realizar estudios estadísticos referente a sus dimensiones y a las dimensiones de ejemplares relevantes, no únicamente centrarnos en nuestro complejo arquitectónico.
- Estudiar las posibles proporciones existentes, geometría y otras relaciones que puedan ser de utilidad en la reconstrucción de las partes inexistentes, tanto en nuestro ejemplar como en otros emplazamientos.
- Clasificar todos los datos y tomar decisiones de cada una de las zonas, dividiendo correctamente el trabajo para evitar errores.
- Diseñar cada una de las zonas y comprobar que todo encaja correctamente, pudiendo hacer modificaciones siempre y cuando queden avaladas y justificadas por los estudios previos.

Estos pasos son los que se seguirán a lo largo de los restantes capítulos de la tesis, reconstrucción del alminar de ‘Abd al-Rahman III, reconstrucción del aljibe de Almanzor, y la reconstrucción de la sala de oración de la mezquita de ‘Abd al-Rahman I entre otras. Añadiendo en cada uno de ellos un nuevo paso que sirva para mejorar la documentación generada mediante las reconstrucciones virtuales. De forma que éstas sean útiles para todos los miembros que intervienen en este tipo de proyectos, véase, arquitectos, arqueólogos, ingenieros, restauradores y todo tipo de técnicos adicionales que sean necesarios en el mismo.

Siguiendo esta metodología, en el último capítulo de la tesis se hará uso de todas las técnicas, y softwares empleados anteriormente, en un único emplazamiento para mostrar la utilidad, y el flujo de trabajo a seguir para llevar a cabo una reconstrucción virtual completa, con rigor científico y de gran utilidad para todos los técnicos implicados en el proyecto. No únicamente una reconstrucción con valor didáctico o divulgativo para el turismo.

CAPÍTULO 3.4. EL ALMINAR DE 'ABD AL-RAHMAN III



Torre de la Mezquita-Catedral de Córdoba y Patio de los Naranjos. En el interior del actual campanario se encuentran los restos del alminar.

Capítulo 3.4. El alminar de ‘Abd al-Rahman III

3.4.1. Introducción

El cuarto capítulo de metodología plantea dos objetivos. En primer lugar, llevar a cabo una reconstrucción tridimensional del alminar de ‘Abd al-Rahman III a partir de los estudios realizados por el arquitecto Félix Hernández Giménez y publicados en 1975. Con este objetivo se pretende obtener un modelo tridimensional del exterior e interior del alminar para clarificar y mejorar el conocimiento acerca del mismo. El segundo objetivo del capítulo será establecer una escala con el nivel de certidumbre para reconstrucciones virtuales de yacimientos arqueológicos o edificios históricos.



Localización del Alminar

Este objetivo es uno de los planteados en la presente tesis como prioritario y con él se pretende crear una escala de certidumbre que permita conocer con exactitud y precisión no solo la proveniencia de los datos de las reconstrucciones virtuales, sino también la fiabilidad de dichos datos y por tanto la fiabilidad de las reconstrucciones. Con este objetivo se pretende que las reconstrucciones no sean un mero objeto de publicidad para el turismo, sino que sirvan a científicos e investigadores que trabajen en el yacimiento o edificio histórico.

3.4.1.1. Crónicas y Fuentes Escritas.

Tras la muerte del emir ‘Abd Allah el día 16 de octubre de 912, asciende al trono del emirato ‘Abd al-Rahman III, logrando durante los primeros años de su emirato la pacificación del reino omeya, tras acabar con los rebeldes y tomar la ciudad de Zaragoza en el año 937. Fue el día 16 de enero de 929 cuando por primera vez se le da el título de califa y emir de los Creyentes, entrando por tanto a rivalizar con el califato fatimí de Qayrawan y el de Bagdad.

Durante su reinado se llevó a cabo la construcción de la ciudad de Medina Azahara, la ciudad palatina, ubicada a 8 km de Córdoba en las faldas de Sierra Morena, comenzando su construcción en 936. Aunque su gran obra fue la de pacificar el reino y la construcción de Medina Azahara, sus intervenciones en la Mezquita Aljama de Córdoba no serían menos importantes, llevando a cabo la construcción del alminar y una intervención de urgencia en el muro norte del oratorio. Intervención gracias a la cual el muro no se desplomo hacia el patio, llevando a la ruina gran parte de la Mezquita.

Según Nieto Cumplido (Nieto Cumplido, 2007, pp.159) fue el arquitecto Félix Hernández el primero en llevar a cabo una recopilación de las fuentes árabes acerca de la construcción del alminar de la aljama. Aunque son varias las descripciones existentes, las cuales serán incluidas más adelante, es la descripción realizada por al-Idrisi (Ceuta, c. 1099-1166) según F. Hernández (Hernández Giménez, 1975, pp.14) *«no sólo la más técnica de las referentes al santuario, sino que lo es bastante más que cualquiera de las divulgadas de otras mezquitas, tanto, que revela haber sido redactada por indicaciones facilitadas por personal afecto al santuario, sea directamente al célebre sarif durante su estancia en Córdoba, sea indirectamente al mismo, cuando éste preparaba ya su tratado geográfico»*. Tal y como expone Hernández y como se puede leer a continuación, esta

descripción es la más importante para la comprensión y restitución del minarete. La traducción al francés de G. S. Colin (1931).

« La mosquée du côté nord possédé le minaret à la construction étrange, aux travaux nobles, à la forme sublime. Son élévation en l'air est de 100 coudées, en mesurant avec la coudée rachachi. Sur ces 100 coudées, il y en 80 pour arriver à l'endroit où le mueddin se tient sur ses pieds ; et, depuis là jusqu'au sommet, il y a 20 coudées.

On monte au sommet de ce minaret par deux escaliers, dont l'un est du côté de l'occident et l'autre du côté de l'orient. Si deux personnes qui montent se séparent au bas du minaret, elles ne se rencontreront que lorsqu'elles parviendront au sommet.

La façade de ce minaret test tout entière doublé en Kaddân al-laukkî ; elle est sculptée depuis la Surface du sol jusqu'à la partie supérieure du minaret d'ouvrages par panneaux qui renferment toutes sortes de travaux, de peintures, d'écritures et du coloré. Sur les quatre faces du pourtour du minaret, il y a deux rangs d'arcs qui tournent (qui retombent) sur des colonnes de beau marbre. Le nombre des colonnes qui sont dans le minaret, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, est de 300 colonnes entre petites et grandes. A la partie supérieure du minaret il y a une chambre qui a quatre portes munies de serrures, où chaque nuit deux mueddins passent la nuit.

Le minaret a seize mueddins qui crient l'appel à la prière à tour de rôle. Chaque jour fonctionnent deux mueddins, et ainsi de suite. Au sommet du minaret, sur la Koubba qui est sur cette chambre, il y a trois pommes d'or et deux d'argent avec des feuilles en forme de lys. La plus grande de ces pommes peut contenir 60 ritl d'huile».⁹

Hernández (Hernández Giménez, 1975) copia también la traducción al francés de un fragmento, traducido por G. S. Colin, del Libro de la Geografía.

« La hauteur du minaret test de 80 coudées. La largeur est de 80 [según el traductor hay que rectificar : 30 coudées]. Le nombre des degrés du minaret test de 108 au couchant et de 105 au levant. La hauteur de son'amoud est de 25 empans. Il y a trois pommes : la largeur de la pomme inférieure est de 7 empans : elle contient 4 arrobes d'eau. La largeur de celle du milieu est de 5 empans : elle contient 3 arrobes d'eau. Celle du haut a un diamètre de 3 empans et contient 2 arrobes d'eau».¹⁰

⁹ La Mezquita Aljama tiene su alminar en el costado septentrional: obra imponente, de un arte singular y de proporciones admirables, que se eleva en el aire a 100 codos (medidos) con el codo *rachachi*: de éstos, 80 son hasta el lugar donde el almuédano se mantiene de pie, y desde allí 20 codos hasta la cúspide. Se sube a lo alto del alminar por dos escaleras, de las cuales una está al costado Oeste y la otra al lado Este; cuando dos personas que intentan subir se separan al pie del alminar no se juntan sino cuando han llegado a lo alto. Todas las fachadas de este alminar están revestidas de piedra caliza, cuya decoración está esculpida desde la rasante del suelo hasta la parte superior del alminar y se compone de diversos géneros de técnicas, comprendidas la ornamentación, la epigrafía y la policromía. Sobre las cuatro caras del alminar hay dos hileras de arcos que voltean sobre columnas de bellos mármoles. El número de columnas que tiene el alminar, tanto en el interior como al exterior, es de 300, pequeñas y grandes. En la cúspide del alminar hay una habitación cerrada por cuatro puertas en la que pasan la noche dos almuédanos. El alminar tiene dieciséis almuédanos que llaman a la oración: cada día están dos que prestan su servicio sin interrupción. En lo alto del alminar, sobre la cúpula que corona la habitación, hay tres manzanas de oro y dos de plata con sus hojas en forma de lis. La capacidad de la más grande de estas manzanas es de 60 ritl de aceite.

¹⁰ La altura del alminar es de 80 codos. El ancho es de 80 [Según el traductor hay que rectificar 30 codos]. El número de escalones del alminar es de 108 en el lado oeste y 105 al este. La altura del amud es de 25 palmos. Hay tres manzanas: la anchura de la manzana inferior es de 7 palmos: contiene 4 arrobas de agua. La anchura de la media es de 5 palmos: contiene 3 arrobas de agua. La parte superior tiene un diámetro de 3 palmos y contiene 2 arrobas de agua.

Además de la descripción dada por al-Idrisi contamos también con la compilación árabe llevada a cabo por al-Maqqari (Gayangos, 1840), en su *Nafh al-tib*. En su descripción se puede leer lo siguiente:

«hoy la altura del alminar (que forma parte de las construcciones realizadas por ‘Abd al-Rahman be Muhammad) es de 73 codos hasta la parte superior de la cúpula alrededor de la cual da vueltas el almuédano. En la cúspide de esta cúpula (kubba) hay manzanas de oro y plata; y la circunferencia de cada una de estas manzanas es de tres palmos y medio. Dos de estas manzanas son de oro fino y una es de plata. En la parte alta y en la parte baja de cada una hay una flor de lis montadas de una forma maravillosa; en la cima de la lanza que las sostiene hay una pequeña granada de oro. Este alminar es una de las maravillas de la tierra... Volvamos al alminar»; la altura del alminar hasta el lugar donde se llama a la oración es de 54 codos. La anchura a nivel del suelo de cada uno de sus muros es de 18 codos. Fin de la cita (de...) reproducida textualmente. Hay aquí algunas contradicciones con lo que relata Ibn al-Faradí.

Relata (ibn Sa’id) todo lo que renovó su sucesor al-Nasir y cómo demolió el primer alminar y construyó el alminar colosal.

Después, hablando del alminar sobre texto de Ibn Baskuwal, dice que al-Nasir Abd al-Rahman ordenó demoler el primer alminar en el año 340 (=951 d.C.), y levantó esta maravilla; hizo abundar en sus cimientos hasta que se llegó al agua. Cuando el alminar estuvo concluido, al-Nasir cabalgó desde Madinat al-Zahra para verlo. Subió al alminar por una de las escaleras y descendió por la otra... Después al-Nasir salió, hizo una oración de dos rak’at en la maqsura y se marchó.

El autor dice: el primer alminar no tenía más que una subida. El hizo dos, separadas por obra de fábrica, de tal manera que en caso de que dos personas subieran no se encontrarían hasta lo alto. El número de escalones de cada escalera era de 107.

Él dice: la celebridad de este alminar es famosa en al-Andalus, y no hay ninguno en las mezquitas de los musulmanes que pueda rivalizar con él. Ibn Sa’id dice que Ibn Baskuwal ha dicho esto porque no ha visto el alminar de Marrakech ni el de Sevilla, que fueron construidos por al-Mansur, de la dinastía de los Beni Abd al-Mumin, porque éstos dos son más monumentales y más altos. Se dice, en efecto, que la altura del alminar de Córdoba hasta el lugar donde se pone de pie el almuédano es de 54 codos y de 73 hasta la parte superior de la última granada que está en la punta de la lanza. Se supone que su sección es un cuadrado de 18 codos de lado, lo que hace 72 codos de contorno.

Ibn Sa’id dice: la altura del alminar de Marrakech es 110 codos y menciona que el alminar de Córdoba está hecho con enormes piedras de labra extremadamente bien ensambladas. En la parte superior de su cúpula tiene tres soles que ellos llaman granadas, y que están fijadas sobre un nervio de cobre rojo que sale de la parte superior de esta cúpula. Dos de estos soles son de plata fina. Encima hay una flor de lis séxtuple, y encima de aquél una pequeña granada de oro fijada a la extremidad de la lanza que apunta hacia lo más alto de la atmósfera. La terminación de este alminar se llevó a cabo en trece meses (yumada I 341)».

Gracias al texto de al-Maqqari conocemos la fecha de inicio de la obra, la fecha de conclusión y el tiempo que tardaron en llevar a cabo la misma, trece meses. Ya en época cristiana la primera descripción la encontramos en el libro de Antigüedades de España, redactado por el cronista de Felipe II, Ambrosio de Morales en 1577 (Morales, 1575, p.54-55). Aunque hace una descripción completa de la Catedral de Córdoba nos quedamos en este momento con el fragmento referido al alminar.

«Arrimada á esta puerta [principal, que agora llaman del perdón] está la torre de la Iglesia, grande y muy alta, que aunque se labró juntamente con ella, mas tiene de obra Romana que de Morisca, como lo muestra la forma de toda ella, y las catorce ventanas, que tie tiene la mitad con dos claros, y la mitad con tres, formados con columnas de jaspe mezclado de blanco y encarnado, todo con medida, correspondencia y proporción Romana. En lo alto sobre todas las ventanas tiene un coronamento al derredor de arquitos macizos, sustentados sobre columnas pequeñas del mismo jaspe, que hace muy hermosa vista. Y las de las ventanas y coronamento son por todas cien columnas. La torre es de sillería, y es quadrada, con sesenta pies por lado, disminuyendo en lo alto un poco. Tiene dentro dos escaleras barto extraña y nunca vista, porque apartándose en lo baxo á diversas partes, en lo alto se vuelven á juntar. Así subiendo dos á un mismo tiempo por las dos escaleras, desde que se apartáron abaxo, nunca mas se ven hasta que están arriba.

Del jaspe de la columnas de la torre hay muchas otras, como después diremos, por toda la Iglesia... En la sillería de la torre está encaxada una tabla de mármol blanco con mucha escritura Arábiga. No sé que se haya leído, y debe decir, cuál de los dos Reyes que labraron la mezquita hizo la torre, que seria de lo postrero en la fábrica».

En su obra Hernández recoge también la descripción de Fr. Juan Chirino, de la orden trinitaria, en su obra *Sumario de las persecuciones que a tenido la Yglesia desde su principio* (Chirino, 1593).

«En la Yglesia mayor desta ciudad [de Córdoba] está una torre antigua y muy alta, y en lo más alto della esua un reloj, el qual cubria vn chapitel muy grande y muy alto, en forma piramidal, ochauado de madera, y forrado por defuera de lata, y encima una cruz con vna veltea, y vnas gruessas bolas de cobre, que todo ello, Cruz, y veleta, y bolas es de muchas arrobas, y grande peso. A este Chapitel arrebató el ayre, y lo quito de envima de quatro columnas, donde estaua, y dio conel en vna casa frontero de la puerta mayor de la Yglesia, atrauessando vna calle, como si llevara vna cosa muy liviana, y como diesse sobre vn tejado de vn aposento, donde solian dormir vn hombre y su mujer, bundio el aposento, y a ellos no los hallo debaxo, porque con la tempestad se auian levantado, y puesto debaxo de vn arco de vna escalera».

Gracias a la descripción hecha por Chirino sabemos que el ‘amud del antiguo alminar, reconvertido en veleta con una cruz seguía coronando la torre hasta el 21 de septiembre de 1589, noche de la tempestad. Sabemos, que el reloj coronaba la Torre, actualmente en el museo de San Clemente en el interior del Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, y que estaba cubierto por un chapitel de madera ochavado.

Pedro Díaz de Ribas en 1627 (Díaz de Ribas, 1627), escribe lo siguiente, *«A algunos les parece, que la torre, y la pared de mediodía parecen de Romanos, en el modo de la fábrica, porque la sillería es al dos tanto, y la torre tiene catorze ventanas, la mitad con dos claros, y la mitad con tres todo con medida, y proporción Romana. Empero quando evidentemente no nos persuadieran, ser obra Morisca, el letro Arabigo de la Torre, y el que tuvo antiguamente la pared, que mira al río, donde se dezía como los dos Reyes Habderramen primero, y su hijo acabron la Iglesia, fácilmente constára ser esto así, por la manera del edificio, que según los indicios... muestra ser toda obra de Moros».*

Este breve testimonio es muy interesante, en primer lugar, vuelve a repetirnos la existencia de catorce ventanas en el alminar, pero además nos describe la sillería tanto del alminar, como del muro de quibla de la mezquita como muros que parecen ser hechos por los romanos. El muro de quibla que Díaz de Ribas observó es el mismo que se puede ver actualmente, es decir, el construido por el Califa al-Hakam II, y es en este muro en el cual si observamos bien veremos unos grandes sillares en su zona inferior. Sillares estos que deben ser parecidos sino iguales a los utilizados en la construcción del alminar. Pero quizás el dato más importante del texto sea la mención que hace a una segunda losa o letrero con

inscripción árabe que tenía el muro sur, es decir, el muro de quibla que se encuentra mirando al río, inscripción ésta también que se desconoce su contenido y ubicación.

Gracias también a José Antonio Moreno (Nieto Cumplido, 2007) sabemos que en el alminar existía una losa fundacional. *«En la sillería de la torre estaba encaxada una tabla de mármol blanco con mucha escriptura antigua; y se discurrió que allí se da noticia de qual de los dos reyes que labraron la Mezquita hizo la torre. Está este año de 1677 en el Taller de la Carpintería que es un aposento del patio de los Naranjos, que la he visto allí, y la vi antes de que se quitase de la torre que estaba al pie della cinco varas arriba del suelo al pie de la torre»*. Desde entonces no se conoce el paradero de dicha losa fundacional.

El Dr. Gómez Bravo escribió en su Catálogo de los Obispos de Córdoba (Gómez Bravo, 1778), *«La Torre amenazaba ruina por su antigüedad, y gran detrimento, que causó en élla la tempestad del año de quinientos ochenta y nueve; y á quatro de Março de noventa y tres determinó el Cabildo en Sede Vacante, que se renovase conforme á la muestra, y traza, que Hernan Ruiç. Maestro mayor de las obras trajo al Cabildo: para lo cual se libraron de pronto mil y quinientos ducados del caudal de las Fábricas de las Iglesias. El modelo fue de ciento y veinte pies de alto: los sesenta desde el suelo hasta la cantería, que encerraba como caxa, lo antiguo de la Torre, que podía conservarse, y los otros sesenta hasta lo alto, que havia de tener. De este modo se empezó la obra, y para su firmeza por la obra nueva, que se havia de hacer, fueron llamados Asensio de Maeda, Maestro mayor de la Iglesia de Sevilla, y otros Oficiales, que aprobaron la obra, y firmeza, que llevaba: y así á veinte y quatro de Julio se mandó continuar»*.

Posteriormente refiriéndose al terremoto de Lisboa acaecido el 1 de noviembre de 1755: *«... con ta impreviso estruendo, con tanto crujir los Retablos, y Bobedas, con la repetida vibración de paredes, y columnas, y con los muchos golpes, que daban los sillares, que caían de la Torre, y algunos remates del adorno del Crucero, huían sin libertad, y sin tino, hombres y mujeres... La Torre que es de una hermosa Arquitectura á lo morderno, sufrió tales baybenes, que después de haberse desplomado de élla una gran cornisa, un Barandal de piedra, y diferentes piezas de su adorno, se abrió por las quatro frentes de su sengudo cuerpo, y destejó todas las claves de sus arcos, claraboyas y ventanas»*.

La construcción de la nueva torre conllevó el cerramiento en su interior del antiguo alminar, macizándose la mayor parte del mismo y aprovechando tan sólo algunas zonas de su escalera superior como escalera de la nueva torre. Durante este cerramiento y como más tarde descubrió el arquitecto Félix Hernández, se rellenaron las ventanas, conservando en su interior las basas, fustes y capiteles de las columnas, así como parte de la decoración de sus bóvedas como veremos más adelante.

Durante el siglo XIX será Luis Ramírez de las Casas Deza en su Descripción de la Iglesia Catedral de Córdoba (Ramírez de las Casas Deza, 1866),

«Al lado de la Puerta del Perdón estaba situado el alminar ó saumab de los árabes, como ya dijimos, el cual debió de servir de torre del templo cristiano hasta que en su mismo lugar se trató de construir otra, por lo que sobre él es de creer estuviese colocada la imagen de San Rafael, que con motivo de la peste de 1278 mandó poner allí el Obispo don Pascual. Dio trazas para elevar la nueva torre el arquitecto Hernan ruiç que murió en 1547, determinando demoler el alminar hasta no dejarle mas que 105 piés y aumentando exteriormente su grueso. Llevó Hernan ruiç muy adelante la obra, pero no pudo concluir la se hubo de suspender, cubriendo la torre con un capital de madera ochavado, de figura piramidal y forrado de hoja de lata, sobre el que había unas gruesas bolas de cobre de las que salía la veleta. Mas habiendo sido derrocado este chapitel y la torre tan mal tratada por el terrible huracán y terremoto del 21 de Septiembre de 1589 que amenazaba ruina, acordó el cabildo repararla en 4 de Março de 1593, conforme á la muestra y traza del maestro mayor Hernan Ruiç, nieto, según se cree, del que dirigió la obra de la capilla mayor y con aprobación de Asensio de Maeda, maestro mayor de la iglesia de Sevilla. Se comenzó a demoler la torre antigua el día de San Andrés de 1593 desde la mitad, y el Jueves 4 de Febrero de 1599 se subió la primer campana, aun sin haber hecho el cuerpo destinado para colocar el

reloj, y la obra se suspendió en este estado por entonces para acudir á la obra de la capilla mayor. Continuóse después; pero no se terminó la obra hasta muy entrado el siglo XVII».

«... En este cuerpo [el tercero] se encuentra una lápida de jaspe encarnado en que se lee la siguiente inscripción:

Esta torre célebre por su preciosa arquitectura estuvo para arruinarse con los estremecimientos y vaivenes del gran terremoto padecido en esta Ciudad á las diez del día primero de Noviembre de 1755, y habiendo quedado toda ella muy quebrantada, abiertas sus principales claves y sin muchos de sus adornos que se desplomaron, se emprendió y siguió su reedificación con cuanto acierto, felicidad y firmeza cabe en el arte, y se acabó el día de la Asunción de María Santísima, titula de esta Santa Iglesia á 15 de Agosto de 1763, siendo dignísimo Obispo de ella el Ilustrísimo Sr. Don Martín de Barcia, su Dean el Sr. Dr. D. Francisco Javier Fernandez de Córdoba, su Obrero mayor el Sr. Dr. D. Pedro de Cabrera y Cárdenas, Canónigo.

Empezó y concluyó esta obra el maestro primero de albañilería de la fábrica, Luis de Aguilar».

3.4.1.2. Representaciones Gráficas de la Torre de la Mezquita Catedral de Córdoba.

Unas de las primeras representaciones de la Torre de la Mezquita Catedral de Córdoba son las publicadas por Torres Balbás (Torres Balbás, 1958). Estos dibujos de los sellos de la ciudad fueron llevados a cabo por J. Caro Baroja, y en ellos se puede ver la ciudad de Córdoba desde la orilla sur del río Guadalquivir. Apareciendo representados además de la torre, el puente, la noria y parte del Alcázar, Figura 4.1.

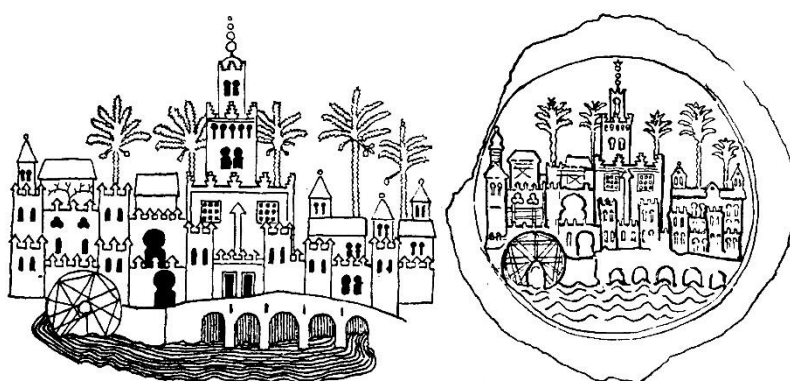


Figura 4.1. Sellos de la ciudad de Córdoba. A la izquierda, siglo XIV, a la derecha, siglo XV. (Torres Balbás, 1958).

Ambos sellos son de cera de los siglos XIV y XV, según Torres Balbás, uno de ellos cuelga de un documento de 1360. Son interesantes estas reproducciones ya que muestran el alminar con su segundo cuerpo o linterna coronado por las almenas de estilo sirio ya vistas en capítulos anteriores y con un ‘amud en su parte superior con cuatro bolas.

Estos sellos según Torres Balbás se encuentran vaciados en el Museo Municipal de Córdoba, siendo el del documento de 1360 del archivo de la Casa de Medinaceli. Habiendo sido reproducidos en varias publicaciones anteriormente (Torres Balbás, 1957; Gómez Moreno, 1951).

En la parte superior de la Puerta de Santa Catalina, puerta ésta que da entrada al Patio de los Naranjos por su muro oriental, encontramos dos escudos con dos representaciones del alminar, ya convertido en torre. Dichos escudos muestran los frentes Norte y Sur del alminar. La construcción de esta puerta se inició entre 1562 y 1571 y fue terminada hacia el

año 1573. Figura 4.2. Como se observan en ambas imágenes, por entonces al alminar ya se le había añadido la espadaña y el chapitel de madera del que antes las crónicas hacían referencia. Además, aparecen representadas las almenas de tipo sirio, ya vistas en el capítulo dedicado al alminar de Hixem I, así como el friso de arquillos y columnas superior que corona el alminar y descrito en las crónicas. Asimismo, en la representación del lado Sur, figura 4.2, aparecen representadas dos de las ventanas de dos ojos, las que se refieren al piso superior.

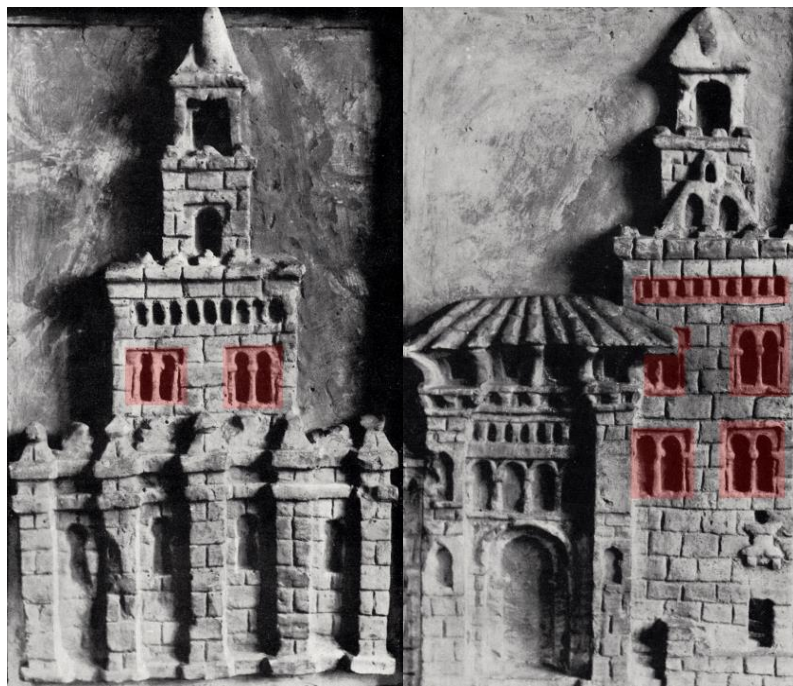


Figura 4.2. Escudos ubicados en la Puerta de Santa Catalina de la Catedral de Córdoba. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).

Por otra parte, la representación del lado Norte, figura 4.2, muestra además del friso de arquillos y columnas superior, los dos órdenes de ventanas de arcos gemelos existentes en dicho muro, ventanas que como más adelante se verá, son ciegas, necesitando por tanto del pequeño tragaluz que aparece bajo una de las ventanas. Por último, por encima del andén aparece una pequeña puerta ubicada en el lado derecho, puerta que comunicaría con las escaleras del alminar y el Patio de los Naranjos.

La torre aparece además en otro escudo, en este caso ubicados en el interior del templo, en una hornacina contigua a la Capilla de la Purísima, actualmente llamada Capilla de la Inmaculada Concepción, datada en 1680 según reza el texto ubicado en la bóveda de la antecapilla. La representación que muestra dicho escudo de la torre, figura 4.3. Nos hace verla desde el muro de quibla de la catedral, teniendo en primer lugar el machón del *mibrab* de la quibla construida por al-Hakam II, figura 4.3. Asimismo, muestran el alminar en un estado previo a la tormenta de 1589, ya que conserva tanto el chapitel como el amud con las bolas y la cruz coronándola.

Por último, cabe destacar la representación del alminar que aparece en el libro coral nº28 de la Catedral de Córdoba (ACC, Ms. 28, c. 1504). En dicha representación aparece la torre vista desde el muro de quibla, y se muestran los dos órdenes de ventanas de arcos gemelos, el friso de arquillos, las almenas y una representación del amud con la cruz coronándolo, figura 4.4.



Figura 4.3. Escudo hornacina Capilla de la Inmaculada Concepción, 1680. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).



Figura 4.4. Libro Coral nº28, Archivo Santa Iglesia Catedral de Córdoba. Ms. 28. Libro coral M-47. Siglo XVI. c. 1504.

3.4.2. Estudio del Alminar por Félix Hernández Giménez

Antes de comenzar el análisis de cada una de las partes o zonas que conforman el alminar, el arquitecto Félix Hernández Giménez (Hernández Giménez, 1975) lleva a cabo una breve descripción de los trabajos llevados a cabo para la consolidación del alminar y posterior forro con la torre actual.

En primer lugar, el segundo cuerpo o linterna del alminar fue desmontado para añadirle un cuerpo de campanas, de anchura igual al cuerpo inferior del alminar, es decir, 18 codos. Además, se construye sobre este cuerpo de campanas otro cuerpo con una cúpula que albergaría el reloj. Unos años más tarde es desmontada dicha cúpula y se erige el chapitel del que hablan las fuentes que será el remate de la torre hasta la tormenta de 1589. Este aumento de cargas, sobretodo de los muros externos hizo que el muro sur, el muro con las ventanas practicables sufriese en exceso, produciéndose grietas y causando gran alarma en el año 1636.

Aun así, las obras no finalizarán hasta el 24 de mayo de 1664, momento en el que se coloca a modo de remate el San Rafael que actualmente preside la torre. Para su consolidación se llevó a cabo un forro del alminar en toda la altura de su primer cuerpo, desmontando tan solo una pequeña porción de su parte superior. Además de ello, el alminar fue macizado en su mayor parte utilizando para ello sillares o un hormigón a base de guijarros y un mortero de cal y arena con predominancia de la primera. Igualmente, el maestro cerró las ventanas practicables y demolió la mayoría de las falsas bovedillas interiores del alminar para macizar las escaleras y fortalecer aún más todo el conjunto.

Por último, el arquitecto se lamenta de dicho macizado, el cual conllevó a la destrucción de prácticamente todo su interior, decoración, arquillos y escaleras, obligando a tener dudas e incógnitas por resolver aun habiendo explorado de él lo que aun persistía. Se debe tener en cuenta, no obstante, que el macizado de la torre fue de vital importancia para el mantenimiento de la misma, ya que probablemente, de no haber estado macizada durante el terremoto de Lisboa de 1755, la torre se habría venido abajo, ya que como Gómez Bravo narra (Gómez, 1778) el terremoto provocó la apertura de grietas en los cuatro frentes del segundo cuerpo de la torre campanario.

A partir de las fuentes escritas, y las representaciones que aún persisten de este alminar, se puede determinar que estaba formado por dos cuerpos, siendo el inferior de mayor anchura que el segundo cuerpo o linterna. Además, el cuerpo inferior estaba rematado con una moldura y almenas de tipo sirio al igual que el resto de la mezquita. El segundo cuerpo al igual que el primero contaba con una moldura y un remate de almenas, teniendo además una cúpula, media esfera, rematada mediante un 'amud, con esferas de distintos tamaños y materiales.

Hernández, tras su exploración, halló que tanto la linterna, como la zona superior del primer cuerpo, fueron demolidas durante el siglo XVI por Hernán Ruiz, conservándose del primer cuerpo 22,55 metros con respecto al pavimento del patio. Mientras que se conservaron en torno a 20 metros del interior.

Las dimensiones dadas por los cronistas árabes en los textos están referidas en codos, y es precisamente Hernández (Hernández Giménez, 1961) quién lleva a cabo un análisis y estudio de las medidas árabes dadas en los textos y comprobadas sobre la mezquita, llegando a importantes conclusiones. Entre otras, consigue hallar el valor en centímetros de los dos codos utilizados por los cronistas, el codo mamuni y el codo rassasi tal y como se vio en el capítulo 3.1.

Haciendo uso de tales equivalencias el arquitecto nos da unas dimensiones de 8,485 metros para la anchura del cuerpo inferior, teniendo en cuenta los 18 codos que medía según diversos cronistas y haciendo uso del codo mamuni. Esta dimensión, la cuál puede ser comprobada en la actualidad, coincide con el ancho del primer cuerpo y por tanto podemos tomarla como una medida válida.

I) Organización interna

Interiormente el alminar está dividido en dos compartimentos, separados por un muro con orientación Norte-Sur. Este muro mide en su zona inferior 72 centímetros (1,5 codos mamuni), disminuyendo en su zona superior hasta llegar a medir 33 centímetros (aproximadamente 0,75 codos mamuni). Por otra parte, los muros exteriores del alminar tienen una anchura de 97 centímetros, es decir 2 codos mamuni de ancho. Esta diferencia en el muro central conlleva un aumento de ambos compartimentos a lo largo de los mismos, anchura que varía entre 2,917 metros en su parte inferior, y 3,107 metros en su parte superior. Esto en cuanto a la anchura, ya que el largo de ambos compartimentos es el mismo y constante, con 6,545 metros (aproximadamente 14 codos).

Cada uno de los compartimentos anteriormente mencionados cuenta con un machón central que sirve de sustentación de cada una de las dos escaleras con las que cuenta. Éste machón tiene una longitud de 4,685 metros (10 codos), mientras que su anchura, al igual que la del machón central varía, aunque en este caso de forma inversa. El pilar central tiene una anchura inferior de 1,052 metros y una anchura en su zona superior de 1,267 metros. Tal y como expone Hernández (Hernández Giménez, 1975, pp. 41) «...*machon que, apartándose de lo corriente, no es de planta cuadrada, sino rectangular, como el propio compartimento a que corresponde, del que resulta concéntrico*». En torno a estos pilares giraban cada una de las dos escaleras descritas en las crónicas, una de ellas en sentido de las agujas del reloj, y la otra en sentido inverso. En este caso, es la escalera del lado oriental la que gira hacia la izquierda, mientras que la escalera del lado occidental gira a la derecha.

El ancho de estas escaleras es de 94 centímetros (2 codos mamuni). Ambas escaleras comenzaban en la zona inferior a la misma altura y tal y como las crónicas describen, volvían a unirse en la zona superior para desembarcar por la linterna las dos juntas. Esto conlleva que ambas escaleras sean simétricas la una a la otra. La existencia de dos escaleras en un alminar fue un hecho de gran admiración y muy celebrada por todos los cronistas.

Hernández intenta en su texto dar una explicación del porqué de la existencia de estas dos escaleras, Figura 4.5, algo insólito y nunca más visto en el interior de alminares. En su libro el arquitecto expone que las dos escaleras fueron necesarias al aumentar el tamaño del alminar con respecto a los construidos anteriormente. Mientras que el alminar de Hixem I, como ya se ha visto en el Capítulo 3.3, tenía 6 metros de ancho y 40 codos de altura, este ejemplar contaba con 8,485 metros de ancho y una altura mucho mayor. Según Hernández, la construcción de una única escalera conllevaría diversos problemas. En primer lugar, una escalera con tanto desarrollo llevaría a poder ascender la totalidad del alminar con tan solo dos vueltas. En segundo lugar, estas escaleras al tener únicamente dos vueltas provocan una altura de las bóvedas de la escalera demasiado grandes.

Como ya se ha expuesto en el capítulo 3.1 el arquitecto habría tenido la seguridad de la estabilidad de la torre tan solo manteniendo las proporciones entre la base, y el machón central. Esto nos daría un pilar central de tamaño desmesurado que bien pudo haberse hecho hueco aprovechando sus estancias, o bien haberlo reforzado mediante arcos internos a lo largo de toda su longitud. Por otra parte, el desarrollo de la escalera podría haber tenido una solución muy sencilla y es que podría tener escaleras en sus muros Este y Oeste mientras

en los muros Norte y Sur tendría una plataforma o descansillo de forma que al final, el número de idas de escalera habría sido el mismo que el utilizado en la solución con dos escaleras.

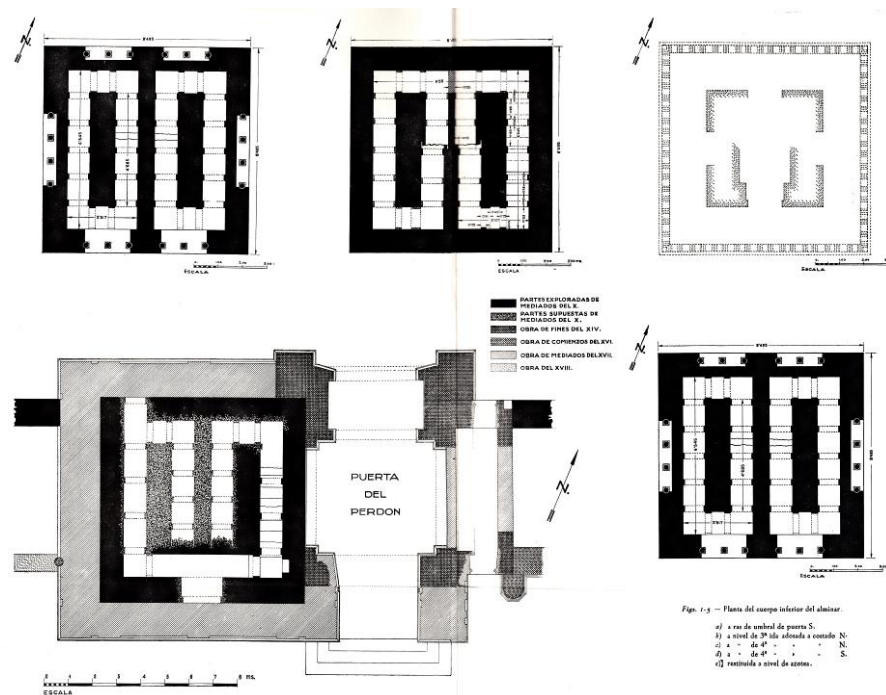


Figura 4.5. Planos de Planta de la restitución propuesta (Hernández Giménez, 1975).

Por tanto, se cree que el alminar fue concebido con dos escaleras desde el primer momento, el arquitecto buscaba hacer algo único, un ejemplar que nunca antes se hubiese hecho, algo digno del recién proclamado Califa de al-Andalus.

II) Fábrica del alminar

El alminar está construido íntegramente por sillares de piedra caliza fosilífera, igual a la usada en el resto de la Mezquita Catedral de Córdoba. Piedra de poca consistencia y que debe ser enfoscada para evitar su disgregación. Al-Idrisi especifica que la piedra utilizada en la construcción se llama al-kaddan al-lukki (Arjona Castro, 1994). Piedra ésta que según el estudio de Arjona proviene de la localidad de Luque, Córdoba.

La altura de la sillería varía entre los 60 y 76 centímetros, mientras que su ancho es de 47 centímetros (1 codo), de forma que los muros exteriores están formados por dos sillares puestos a soga. El largo de cada uno de los sillares colocados a soga varía entre 1,45 y 1,75 metros (3-3,75 codos), mientras que aquellos colocados a tizón tienen una longitud de 97 centímetros. El aparejo es de soga y tizón a lo largo de toda la construcción, aparejo colocado con una gran regularidad de una soga y un tizón a excepción de las esquinas en las cuales es obligada la colocación de dos tizones seguidos. Todas las hiladas de la construcción se encuentran a nivel, tanto las de los muros exteriores, el muro central divisorio como los machones de las escaleras, dando a entender que la construcción se llevó a cabo al mismo tiempo. La unión de los sillares como es norma en las edificaciones emirales y califales se encuentra trabada mediante un mortero de cal y arena con abundancia de la cal, siendo este mortero extremadamente blanco, con un grosor de 1 milímetro.

III) Emplazamiento de los vanos de acceso

Este ejemplar al ser diseñado y construido con dos escaleras interiores debió de tener dos vanos de acceso al mismo, uno ubicado al Sur (Patio de los Naranjos) y uno ubicado al Norte (actual Calle Cardenal Herrero). En uno de los escudos ubicados en la Puerta de Santa Catalina, se muestra una pequeña puerta, en este caso desplazada hacia el Oeste que sería la ubicada en el lado Norte, una puerta de acceso desde la calle, figura 4.6.

Un texto que confirma esta hipótesis es el contrato entre el obispo Mardones y Hernán Ruiz (de la Torre y del Cerro, 1930). *«a la puerta de la torre que mira a la puerta del Perdón dos pilares de piedra para mayor firmeza suya»*. Tal y como confirma Hernández el hecho de tener que especificar a qué puerta se refiere, lleva implícito que había más de una puerta. Durante la exploración que el arquitecto llevó a cabo y posteriormente la llevada a cabo por mí y que se expondrá más adelante, queda confirmado que no existió una puerta que diese al lado Este, Puerta del Perdón.

En cuanto a la escalera ubicada en el frente Norte, tal como se observa en el escudo parece una puerta de pequeño tamaño, como un postigo para el paso esporádico de los almuédanos. En la actualidad dicho vano no puede ser explorado de ninguna de las formas ya que exteriormente el alminar se encuentra forrado por la actual Torre, e interiormente se encuentra macizado.

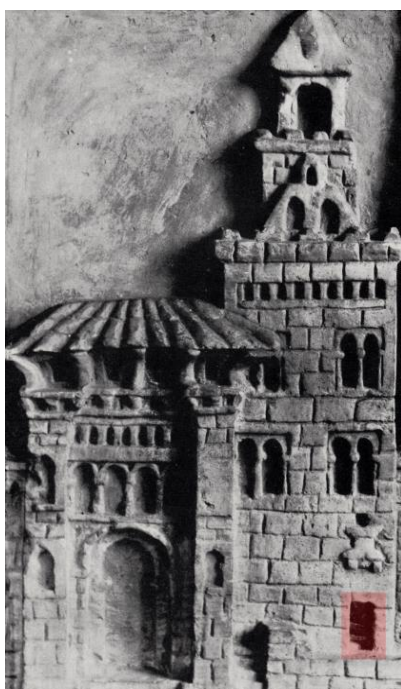


Figura 4.6. Ubicación de la puerta de entrada Norte. Fotografía (Hernández Giménez, 1975).

Por otra parte, la puerta ubicada en el lado Sur sí que pudo ser explorada por el arquitecto Félix Hernández y por nosotros en la actualidad. Esta puerta tiene una anchura de 1,70 metros, anchura igual a la existente en las puertas de entrada laterales de la sala de oración. De su altura solo se conserva 1,80 metros y por tanto no podemos saber con exactitud su altura real, sí que podemos aventurar como hipótesis la posibilidad de que dicha puerta tuviese la misma monumentalidad que las existentes en los laterales de la sala de oración, ya que el ancho de la misma coincide con éstas.

Tal y como muestra Hernández en la figura 4.7 (Hernández Giménez, 1975), la puerta de acceso Sur daría acceso a un distribuidor con dos caminos posibles, a izquierda y derecha darían acceso a las escaleras de subida del alminar. Mientras que el ubicado el Norte serviría de comunicación entre la puerta Sur y la puerta Norte, de esta forma, se confirmaría lo escrito por Ambrosio de Morales (Ambrosio de Morales, 1575).

Ese pequeño postigo ubicado al Norte servía por tanto también como puerta de entrada a la Mezquita, aunque dicho vano, solo fuese utilizado por los almuédanos.

IV) Encadenados de madera

En la construcción de este alminar usaron dos encadenados de madera ubicados en el interior de los muros del mismo. Estos encadenados aún son visibles al subir a la Torre, figura 4.8. Se encuentran ubicados por encima del dovelaje de los dos órdenes de ventanas existentes en el alminar, realizados en madera de pino, madera igual a la utilizada en la construcción de la techumbre de la sala de oración. Las piezas que forman el encadenado miden 24 cm de ancho por 23 cm de alto y se encuentran ubicadas en una especie de canales tallados en la sillería ligeramente más grandes que dichas piezas. En la actualidad gran parte de la madera se ha descompuesto quedando en el interior de los canales los restos de los encadenados.

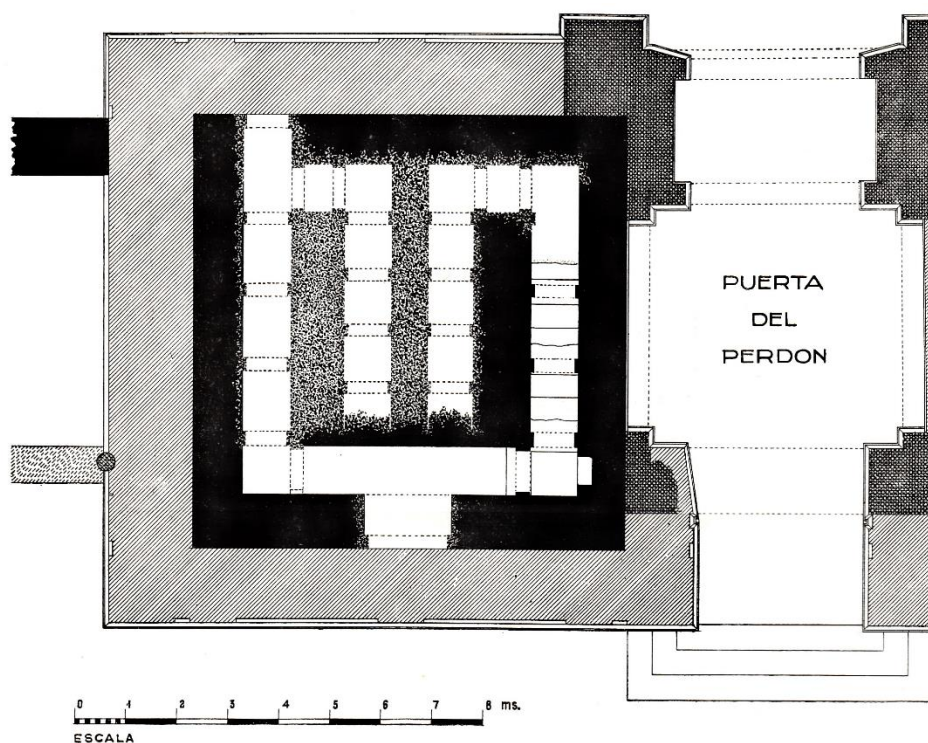


Figura 4.7. Plano de Planta baja del alminar de 'Abd al-Rahman III. Trazado y restitución de Hernández Giménez, 1975.

Están formados por 8 vigas colocadas según la figura 4.9. Las cuatro vigas de contorno se encuentran embebidas en los muros de contorno del alminar, mientras que las dos vigas centrales atravesaban los dos machones de las escaleras. Por último, existían dos pequeñas vigas de 19cm de ancho por 13,5cm de alto que unía las vigas de contorno con las de los machones en sentido Este-Oeste.



Figura 4.8. Resto del encadenado de madera inferior, interior del muro Este del alminar.

Aunque Hernández dibuja los encadenados completos se verá más adelante a través del modelo tridimensional como dichos encadenados no podían ser completos en alguno de los puntos.

Este tipo de encadenados eran usados en las obras de tapiería y es conocido que se usaba en la construcción de las torres militares en época Omeya. La colocación de este encadenado lejos de ayudar y reforzar la estructura del alminar ha permitido que se debilite más rápidamente. Actualmente los encadenados de madera se encuentran en muy mal estado, dejando huecos de 25 por 25 centímetros en el interior de los muros del alminar, restándole de esta forma resistencia al mismo. Esto pudo ser uno de los motivos por los que el alminar sufrió desperfectos y hubo de ser encerrado en el interior de la torre campanario.

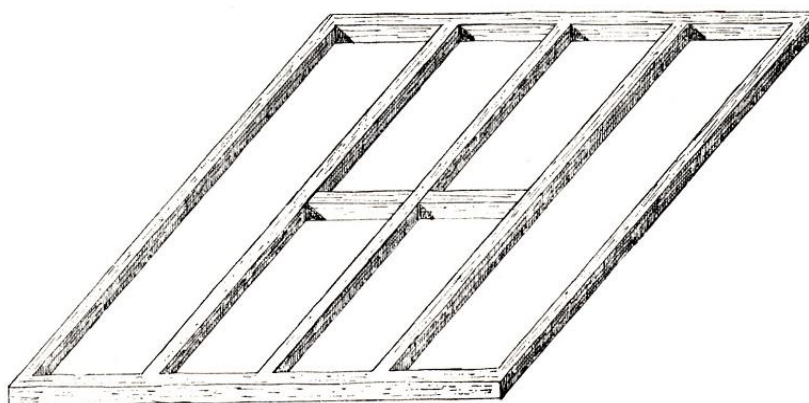


Figura 4.9. Dibujo de los encadenados de madera según Hernández Giménez, 1975.

V) Bóvedas

El alminar tiene dos tipos de bóvedas, las primeras son llamadas por Hernández falsas bóvedas y las segundas las bóvedas decorativas. Las falsas bóvedas están hechas con sillares y sustentan las idas de escalera. Para su construcción el sillar apea sus extremos en los muros laterales y sirve de apoyo a la escalera. El grueso de estas falsas bóvedas es de alrededor de 2 metros, aunque hay grandes diferencias entre ellas. Este espesor se corresponde con cuatro hiladas de piedra, aunque hay tramos en las que se llega incluso a 6 hiladas. De esta forma se va formando un escalonado oculto bajo las escaleras reales, véase figura 4.10 para más detalle.

las



<https://goo.gl/F3Ea2r>

Modelo 3D (Sketchfab)

Debajo de estas bóvedas y para embellecer la subida de escalera inmediatamente superior o inferior, existieron bóvedas decorativas. Cada ida de escalera está dividida en cuatro partes, más las dos esquinas, éstas se diferencian mediante unas pilastras de 24 cm de ancho y unos arcos de herradura de los que se conservan varios de ellos en el interior de la Torre, figura 4.11.

Cada uno de estos pequeños tramos estaría coronado por una bóveda meramente decorativa, que impediría ver las falsas bóvedas anteriormente comentadas. Actualmente en el interior de la Torre aún se conservan unas bovedillas con restos de pintura, figura 4.12.

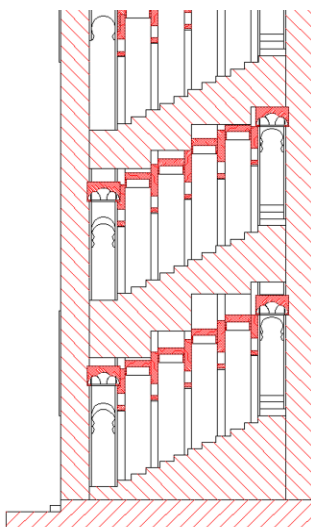


Figura 4.10. Trazado de las falsas bóvedas y las bóvedas decorativas según restitución propia.

Las bóvedas arrancan a partir de una pequeña cornisa que la recorre. La separación media entre los arcos es de 87,1cm y al ser el ancho de la escalera de 93cm, obtenemos unas bóvedas casi cuadradas. Siendo totalmente cuadradas las ubicadas en las esquinas de cada ida de escalera.



Figura 4.11. Arco y pilastras de decoración en el interior del Alminar.



Figura 4.12. Restos de bóveda decorativa en el interior del alminar de 'Abd al-Rahman III.

VI) Decoración Interior

Interiormente el alminar estaba decorado con las pilastras, los arcos, las cornisas y las bóvedas anteriormente comentadas, pero además de eso, se encontraría decorado pictóricamente. El espesor de mortero utilizado es de 25mm, figura 4.13, para los paramentos y de menor grosor para el resto de los elementos. Para la adherencia de estos morteros y como ha sido ya estudiado en diversas partes del edificio (Aljibe, Maqsura, etc.) se utilizaron clavos de hierro forjado de cabeza plana de 30mm de diámetro y una longitud de espiga de 15cm. En los arcos se utilizó la decoración ya utilizada anteriormente, pintando las dovelas con una alternancia de rojo almagra, y blanco roto. En el ángulo formado entre las pilastras y los paramentos iría una cinta de color rojo de unos 3 cm de anchura.



Figura 4.13. Restos de enlucido original en el interior del alminar de ‘Abd al-Rahman III.

VII) Ventanas fingidas y ventanas practicables

Tal y como publica Aguilar (Aguilar Priego, 1956), la última obra llevada a cabo hasta dicho año fue para descubrir el alminar oculto, comenzando dicha labor el lunes 11 de agosto de 1930. Para ello comenzaron a trabajar en el frente Este de la torre, donde descubrieron la sillería califal. De este paramento extrajeron dos sillares colocados a soga, apareciendo tras de ellos una mezcla de sillares y mampostería con una argamasa muy dura. Esta mezcla corresponde con el macizado del cuerpo inferior llevado a cabo durante el siglo XVIII.

Aunque el alminar se encuentra recubierto por la obra del siglo XVI, se han podido identificar los vanos de las ventanas desde el interior de la torre, ya que su despiece y tabicado son fácilmente identificables. Además, Hernández hizo dos sondeos en el frente Sur del alminar, descubriendo dos ventanas que fueron de tipo practicable en dicho frente, algo común en todos los alminares conservados (Santa Clara, Santiago, San Lorenzo, San Juan de los Caballeros, Ibn Adabbas). Todos ellos tienen su ventana practicable mirando hacia la sala de oración y nunca hacia la calle. Esto se ve claramente en el alminar de San Juan de los Caballeros, Córdoba, el cual tiene cuatro ventanas, una de ellas practicable y las otras tres fingidas. Su única ventana practicable se encuentra mirando hacia la antigua sala de oración, hoy en día desaparecida, al igual que su puerta de entrada. La misma disposición tenemos en el alminar en estudio.

Las ventanas fingidas pudieron ser estudiadas por Hernández desde el interior, consiguiendo, recuperar una ventana fingida en el muro Este del alminar que se conservaba en buen estado, a falta de sus columnas y capiteles. Esta ventana se encontraba tapiada por la antigua casa del campanero de la Torre, y es la que se puede ver actualmente en la visita a la Torre Campanario.

Además de esa ventana, el arquitecto pudo también recuperar la parte inferior de la ventana que estaría ubicada justo encima de esta última. Según la cláusula 18 del contrato entre el Obispo Mardones y Hernán Ruíz:

«Que de do comiença la obra nueva de cantería hasta el suelo de la torre o çapata della, que sintiende todo lo viejo y antiguo, lo a de limpiar descoda todos quatro paños de la dicha torre que descubrieren a la bista y rehinchir las ededuras, grietas y gabarros de toda ella de arriba a bajo, según y a donde lo hubiera menester, barcos o ventanas, soleras do asientan sus coluna que queden

a nibel y esquinas bibas, poniendo a la puerta de la torre que mira a la Puerta del Perdón dos pilares de piedra para mayor firmeça suya, de suerte que todo lo viejo quede como nuevo, con correspondencia, seguridad y hermosura».

Tras la investigación llevada a cabo en las fuentes, representaciones y por él mismo, Hernández llega a las siguientes afirmaciones:

Las ventanas del primer cuerpo están repartidas en dos órdenes.

Los huecos entre ambos órdenes eran iguales en todas las fachadas y distaban unos de otros 5,54 metros.

Las ventanas de los frentes Norte y Sur eran de dos ojos, siendo 4 en cada frente, mientras que los frentes Este y Oeste constaban de 2 ventanas cada uno de 3 ojos.

Los ojos de todas las ventanas eran del mismo tamaño.

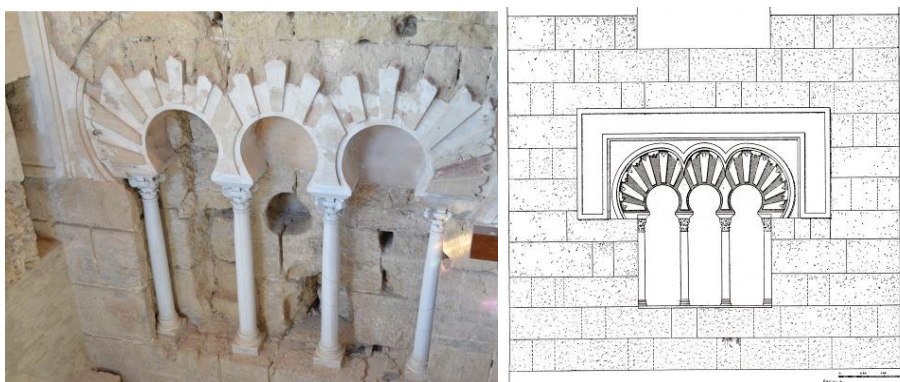


Figura 4.14. Restos de la ventana de tres ojos del lado Este del alminar, encontrada por Félix Hernández. Al lado, restitución propuesta por el arquitecto, (Hernández Giménez, 1975).

VIII) Idas, mesetas y peldaños de las escaleras

Lo principal hasta el momento es que había dos escaleras en el interior. Estaban colocadas una hacia el Este y la otra hacia el Oeste, girando una de ellas a izquierdas y la otra a derechas. Además, estaban separadas mediante un machón central de forma que una vez separadas dos personas en la parte inferior, no volvían a encontrarse hasta llegar a la parte superior de la torre.

En cuanto al número de escalones, según el autor anónimo del Libro de la Geografía, la escalera Oeste tenía 108 peldaños y la escalera Este 105. Por otra parte, Ibn Galib escribe que una escalera tenía 107 peldaños y la otra escalera 105 peldaños, sin especificar cuál de ellas es. Por último, al-Maqqari da un número de 107 peldaños para ambas escaleras.

Además de la documentación histórica, Hernández pudo estudiar varios tramos de escalera original, obteniendo que cada peldaño tiene una altura de entre 209mm y 223mm llegando en algún caso a medir 260mm el peldaño, es decir medio codo de altura. La huella por su parte tiene 47cm, siendo un codo mamuni completo.

Dependiendo por tanto del tamaño de los peldaños y teniendo una media de 228mm los estudiados, Hernández determina que se requerían entre 106 y 109 peldaños, cifras muy próximas a las transmitidas por los cronistas.

IX) Friso de arquillos superior

Según se ha visto en las distintas representaciones que existen del alminar, éste estaba coronado por un friso de arquillos de estilo similar al existente tanto en las puertas laterales de ingreso a la sala de oración como el existente en la parte superior del alminar de San Juan de los Caballeros, Córdoba.

Además, Morales (Morales, 1792) escribe que había 100 columnas en el exterior del alminar. En este caso no se puede estudiar in situ, ya que la parte superior del alminar, incluido el friso de arquillos fue demolido. Tras su análisis Hernández llega a la conclusión de que el friso de arquillos tendría 9 arcos, lo que daría un total de 10 columnas por friso.

X) Altura y proporción

Siguiendo el análisis de las medidas dadas por los diversos cronistas, el estudio de los peldaños y las ventanas, y el estudio hecho acerca del codo por él (Hernández Giménez, 1961). Hernández llega a las siguientes medidas adoptadas para su restitución y que serán las usadas por nosotros para el levantamiento tridimensional del mismo.

Primer Cuerpo	30,80 metros.
Segundo Cuerpo	11,04 metros.
Vástago Terminal	5,30 metros.
Altura Total	47,14 metros.

Precisamente esta altura final coincide con los 100 codos mamuni que especifican las fuentes, pero también con 80 codos rasassi que nos da el autor Anónimo del Libro de la Geografía.

XI) Segundo cuerpo del alminar

Como es normal en los alminares de las mezquitas, el primer cuerpo está rematado por un segundo cuerpo o linterna a través del cual el almuédano saldría a la terraza para hacer la llamada a oración. Este segundo cuerpo era necesario ya que la llamada se realizaba hiciera el tiempo que hiciera y por tanto era necesario algún tipo de resguardo los días de lluvia o tormenta.

Gracias tanto a las representaciones que existen del alminar, como a las crónicas, sabemos que la linterna existió en este alminar. Siendo, como es lógico, de menor anchura que el primer cuerpo. Por las representaciones se puede intuir que era más alto que ancho, coronado por almenas y con un ‘amud de remate (Hernández Giménez, 1975, pp.111). La altura según al-Maqqari es de 19 codos rassasi lo que viene a ser 11,197 metros que Hernández reduce a 11,04 metros.

Aunque no se tiene constancia alguna de su anchura, Hernández logra deducirla teniendo en cuenta los machones de las dos escaleras del primer cuerpo, y es que dicha linterna debería apoyar para repartir su carga en dichos machones. Por tanto, el ancho máximo de la misma no podía ser superior a 4,80 metros. Ésta medida si es dividida entre la anchura total del alminar (8,48 m) obtenemos una relación de 0,566 entre la base de la linterna y la base del primer cuerpo. Como se ve, dicha relación es muy cercana a 0.5, relación que como se vio en el Capítulo 3.1 es normal entre ambos cuerpos.

La cubierta de la linterna según los cronistas era una cúpula, la cual debió de ser demolida a finales del siglo XV al erigirse el chapitel que aparece en las representaciones. Tal y como expone Torres Balbás (Torres Balbás, 1958), con la reconquista de la península los alminares eran reconvertidos en campanarios, y para ello era necesario eliminar el cuerpo superior de los alminares para construir el cuerpo de campanas. Es por este motivo por el cuál no han llegado hasta nuestros días ninguna de estas linternas, así como tampoco las cupulillas o tejados que debieron cubrirlos.

XII) El ‘Amud o Yamur

A partir de las diversas crónicas, Hernández hace un resumen acerca del ‘amud del alminar de ‘Abd al-Rahman III. El cronista al-Maqqari copia dos referencias con variantes entre ellas, la primera de ellas:

- Llevaba 3 manzanas o esferas
- El diámetro de ellas era de 3,5 palmos
- 2 de las manzanas eran de oro y 1 de plata
- Llevaba una flor de lis montada
- Tenía una pequeña granada de oro en la parte superior

Mientras que la segunda tiene alguna contradicción:

- Contaba con 3 granadas
- 2 eran de plata
- Sobre las 3 granadas existía un lirio séxtuple
- Tenía una pequeña granada de oro en la parte superior

En el Museo Arqueológico de Córdoba podemos encontrar un pequeño ‘amud. Según Torres Balbás (Torres Balbás, 1958), se componía de una barra vertical de hierro en la que se ensartaban cuatro esferas huecas de dimensiones decrecientes, 23, 19, 16 y 14 centímetros de diámetro. Siendo la altura total de este ejemplar de 108 centímetros. Éste ‘amud procede del cortijo del Chanciller, en las cercanías de Alcolea, Córdoba. Fue descubierto por Hernández en una torre del propio cortijo, donde estaba siendo utilizado como veleta, Figura 4.15.



Figura 4.15. ‘amud del alminar del cortijo del Chanciller en Alcolea, Córdoba. Actualmente en el Museo Arqueológico de Córdoba. (Torres Balbás, 1958).

XIII) Sobre la restitución del alminar de Félix Hernández

Al final del capítulo dedicado al alminar de ‘Abd al-Rahman III, Hernández explica que significan las distintas líneas que traza en su restitución, figuras 4.16 y 4.17. Y es digno de mención porque precisamente este capítulo de la tesis intenta abordar la misma metodología utilizada por él, pero en tres dimensiones, con un carácter divulgativo y científico.

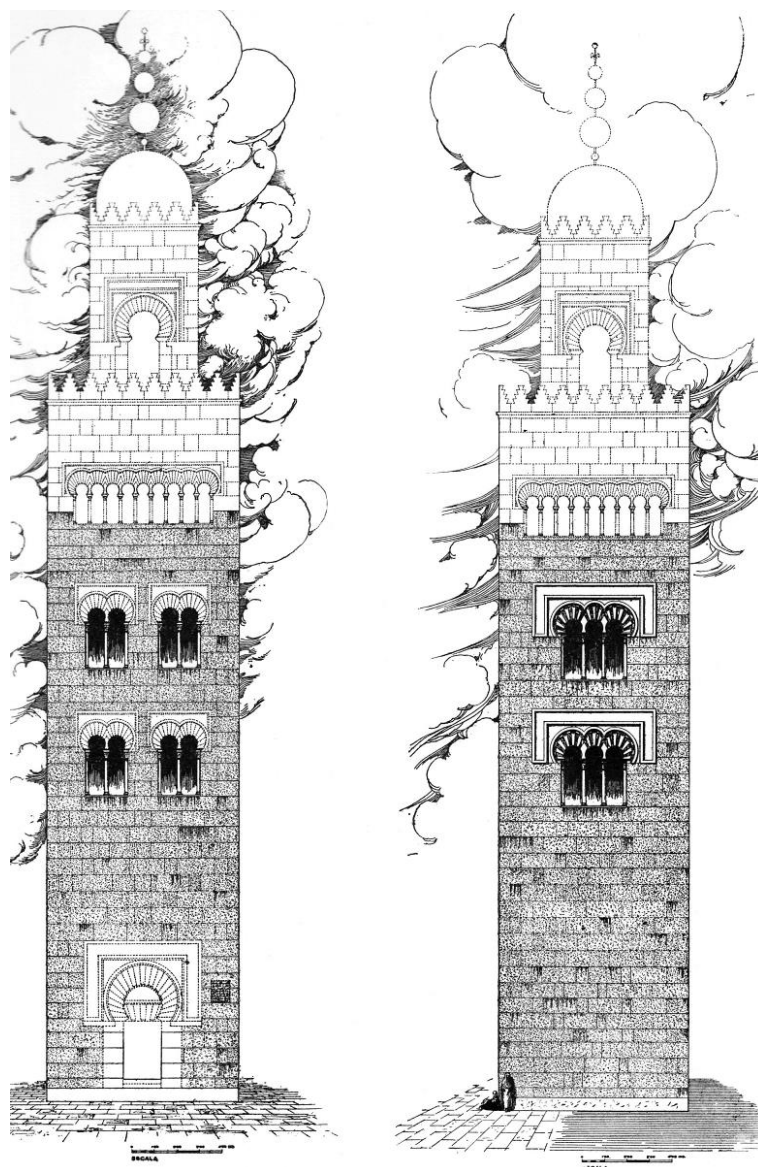


Figura 4.16. Restitución del exterior del alminar de ‘Abd al-Rahman III, (Hernández Giménez, 1975).

En su caso, usa distintos tipos de líneas sobre el plano para indicar que es real y que no, en realidad, ya estaba usando una escala o nivel de evidencia de la reconstrucción.

En su restitución, Hernández utiliza línea de trazo lleno para dibujar aquellas partes que ha podido explorar y sabe que existen o aquellas que las pruebas encontradas demuestran que existieron. De trazo y punto dibuja aquellas partes que no ha podido reconocer en ningún sitio, pero que debieron existir o existen.

Por último, con línea punteada dibuja los accesorios y todas aquellas partes que sólo por referencias gráficas o literarias ha podido conocer. De esta forma, Hernández estaba haciendo uso de una pequeña escala para demostrar el nivel de evidencia de su restitución. En el presente capítulo, se propondrá una Escala de Evidencia actualizada, y necesaria para poder identificar las diferentes partes en tres dimensiones.

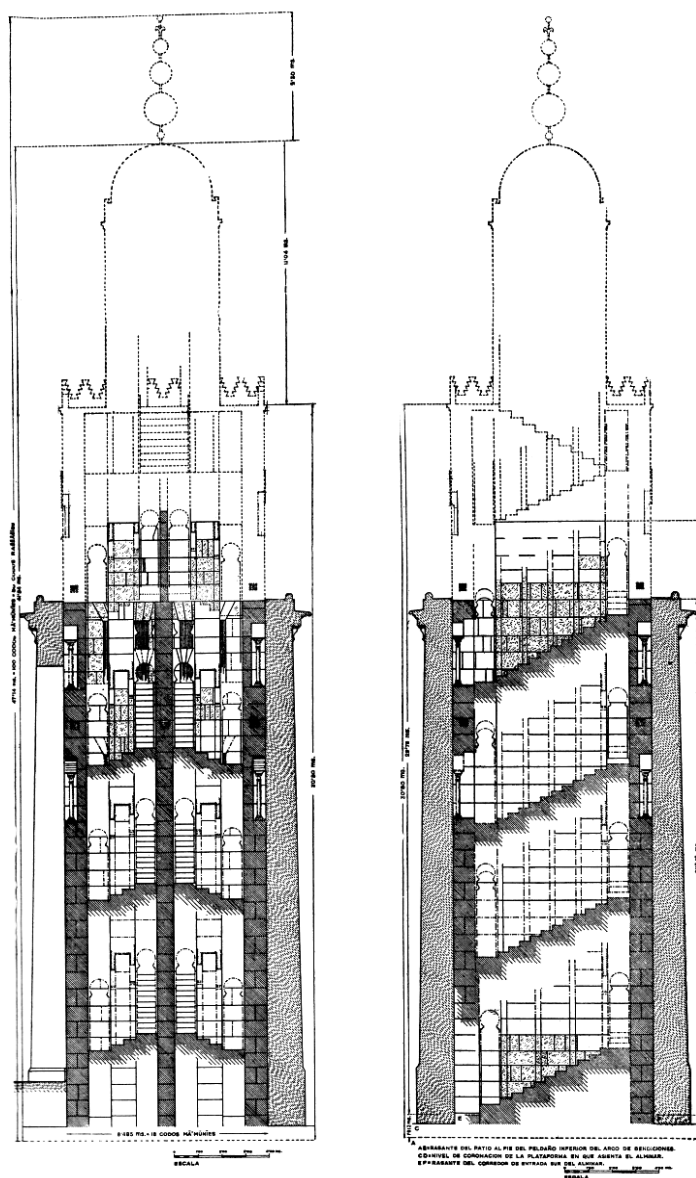


Figura 4.17. Restitución del interior del alminar de ‘Abd al-Rahman III, (Hernández Giménez, 1975).

3.4.3. Estudios realizados antes de la restitución

Tras analizar los estudios previamente llevados a cabo en el alminar, y antes de proceder a nuestra restitución, se decidió llevar a cabo una serie de análisis para mejorar en todo lo posible el estudio.

En primer lugar, se decidió estudiar la zona inferior del alminar a través de la rejilla de acceso que tiene la actual Torre, y que Félix Hernández estudió, aunque no aporta datos al respecto. En segundo lugar, se decidió documentar tridimensionalmente la ventana existente, así como la decoración de algunas puertas laterales del Templo para poder utilizarlas posteriormente.

I) Zona inferior del Alminar (Interior de la Torre)

Al pie de la actual Torre en su cara Sur existe una pequeña rejilla de registro, Figura 4.18, a través de la cual, se puede acceder a la zona inferior del alminar. Ya que de esta zona no había planos, ni tampoco documentación fotográfica, se decidió acceder para proceder a su documentación.

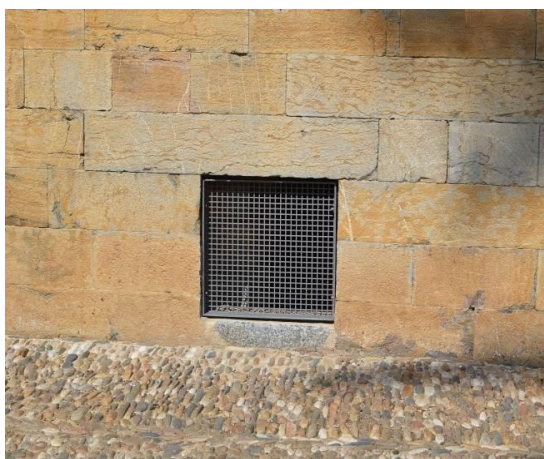


Figura 4.18. Rejilla de acceso a la parte inferior del alminar.

Para la exploración y documentación de este sector del alminar se contó con la ayuda y conocimientos del arqueólogo Raimundo Ortiz Urbano. Tras retirar la rejilla nos encontramos con un hueco de 64cm de ancho y 68cm de alto. Nada más entrar se aprecian dos escalones, Figura 4.19, arrancando el primero desde la cota del Patio de los Naranjos. Tras comprobar que ambos eran originales, se llegó a la conclusión de que el alminar tenía al menos dos escalones en su puerta Sur.

Una vez en su interior aumenta la altura del estrecho pasillo, al llegar a la pared del fondo se abren dos corredores, uno hacia la izquierda y otro a la derecha. El pasillo a la izquierda, es decir hacia el Oeste se encuentra tapiado, aunque parece que intentaron quitar sillares para investigarlo. Hay que recordar que todo el alminar fue macizado en su interior para darle mayor robustez a la obra de la nueva Torre, figura 4.20.



Figura 4.19. Restos de los escalones de entrada al alminar.



Figura 4.20. Pasillo izquierdo tapiado durante el siglo XVI. A la derecha, restos de las jambas de la puerta Sur del alminar.

Aunque el pasillo izquierdo no aporta dato alguno, ya que todos sus paramentos forman parte de ese macizado del siglo XVI, sí que se pueden ver las jambas originales de la puerta del alminar, aunque eso sí, reparadas en diversas ocasiones. El ancho de la puerta medido, coincide con el dado por Hernández, que probablemente midió durante su exploración del alminar (Hernández Giménez, 1975, pp. 47).

Si es interesante el pasillo derecho, ya que cuenta con varios escalones originales del alminar, una esquina completa y el inicio de la escalera de subida del lado Este, la cual se encuentra tapiada a cierta altura. En la figura 4.21 podemos observar los primeros escalones existentes antes de llegar a la primera esquina Sureste, de esta forma, antes de empezar la ida de escalera Este, ya se había salvado una altura de 70 cm. La anchura de los escalones es de 94 cm como en el resto del alminar, siendo esta medida igual a dos codos mā'mūnī.



Figura 4.21. Escalones de subida a la primera esquina Sureste.

Por otra parte, en la figura 4.22 puede observarse la ida de escalera Este con dirección Sur-Norte. Este sector cuenta con un total de 7 escalones originales con marcas de desgaste. También se pueden ver las pilastras ya comentadas por Hernández y vistas en otras partes del alminar.

Para la documentación tridimensional de todo el hueco existente se hizo uso de Fotogrametría (Structured from Motion). Sobre el terreno se tomaron un total de 328 fotografías con una cámara Nikon D3200 con 24,2 Mpixels, la cual porta un sensor CMOS de 23,2 mm x 15,4 mm. Como objetivo se escogió un AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR fijando en 18mm la distancia focal (Nikon, 2017). Se escogió esta distancia focal debido a que el hueco es muy pequeño y necesitamos captar la mayor área posible con cada fotografía.

Para el cálculo del modelo se hizo uso del software Agisoft Photoscan, (Agisoft, 2017) para obtener la nube de puntos dispersa, la nube de puntos densa, su malla y su textura original. Para la correcta orientación y escalado del modelo se fotografió también la entrada al hueco, para su posterior orientación haciendo uso de una Estación Total. Éste procesamiento se llevó a cabo en un ordenador con un procesador E5-1620v2 3,7 GHz, 32 Gb DDR3, 1x NVIDIA Quadro Kepler K4000 3Gb GDDR5.

Éste modelo nos servirá para distintos propósitos, la obtención de planimetría del hueco, el análisis de sus estructuras, servirá también para la creación de nuestra restitución ahora que se han obtenido los escalones de entrada, así como la altura de la primera esquina Sureste.

Además, el modelo tridimensional se ha incluido en un video del alminar y se ha colgado en la web Sketchfab (Sketchfab, 2016) para la visualización del mismo.



<https://goo.gl/T8Cwwu>
Modelo 3D (Sketchfab)



Figura 4.22. Restos de la ida de escalera Este dirección Sur-Norte.

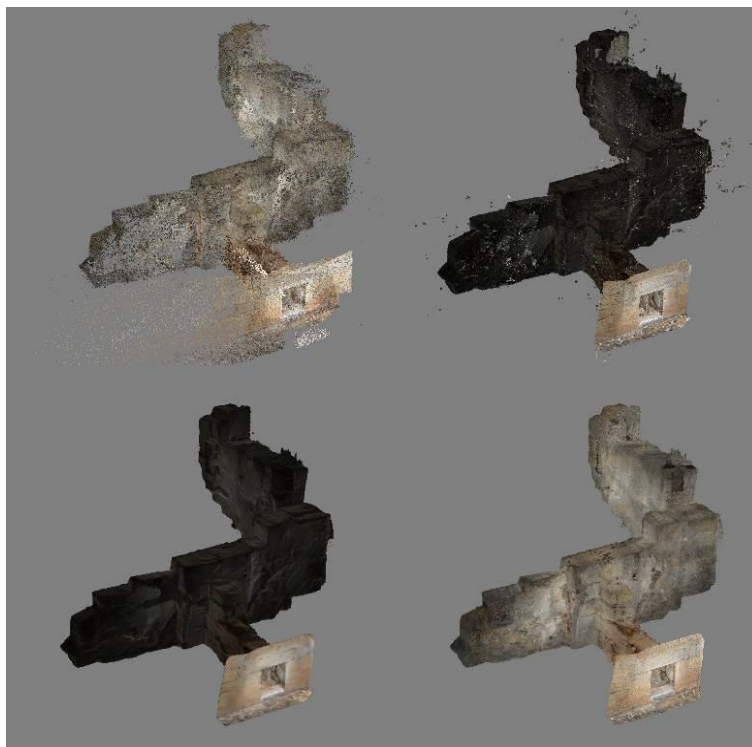


Figura 4.23. Pasos seguidos para la generación del modelo con Agisoft Photoscan.

II) Ventanas del alminar



<https://goo.gl/St4zFZ>

Modelo 3D (Sketchfab)

Para la posterior restitución tridimensional del alminar, se decidió llevar a cabo el levantamiento fotogramétrico de la ventana del frente Este del alminar. Hernández hizo una restitución de esta ventana basándose en los restos hallados, figura 4.14.

Para el levantamiento se hicieron un total de 28 fotografías desde todos los ángulos posibles. La ubicación de esta ventana tiene varios inconvenientes a la hora de documentarla. El primero de ellos es la distancia hasta la ventana, 6 metros, no pudiendo acercarnos más a ella. En segundo lugar, la falta de pasarela para poder ver bien todos los ángulos y, por último, el trasdós de la cúpula de la Puerta del Perdón.

3.4.4. Restitución del Alminar de 'Abd al-Rahman III

Tras la recopilación de datos llevada a cabo, tanto bibliográficamente como sobre el terreno. Nos vemos con suficientes datos como para plantear una restitución tridimensional.

I) Metodología

La metodología seguida ha sido la misma que siguió en su momento Hernández y es analizar y diseñar cada una de las partes, teniendo en cuenta no solo las crónicas y la restitución del propio Hernández, sino también los datos obtenidos gracias a la fotogrametría.

Para la restitución se ha utilizado el software Solid Edge de la compañía Siemens (Siemens PLM Software, 2016). Éste software a pesar de estar diseñado y orientado hacia el sector de la ingeniería, en concreto, hacia el diseño y producción de productos, ha demostrado ser muy versátil en diversos campos.

En concreto se utilizó para la restitución y levantamientos tridimensionales de edificios arquitectónicos como la Catedral de Córdoba. Cada elemento ha sido diseñado de forma independiente para poder modificarlo o eliminarlo de forma más eficiente, además de permitirnos una mayor versatilidad en la generación de planos. Una de las ventajas de usar Solid Edge, es la posibilidad que tenemos de obtener los planos de la restitución de forma rápida y sin errores, pudiendo obtener tantas vistas y secciones como se necesiten para facilitar la interpretación del mismo. Quizás esto sea uno de los puntos flacos de la restitución de Hernández y es que, aunque tiene buenos planos, la complejidad del alminar hace que sean necesarios una cantidad aún mayor de ellos. Todo esto en aras de comprender mejor la restitución propuesta.

II) Interior del alminar

Como se ha dicho, el procedimiento seguido fue el mismo de Hernández, comenzamos por el interior para finalizar con el exterior y su decoración.

El interior estaba compuesto por dos escaleras, una al Oeste y otra al Este, separándose ambas mediante un machón central y no volviendo a juntarse hasta el desembarque de las escaleras en la azotea, a través de la linterna, figura 4.24.

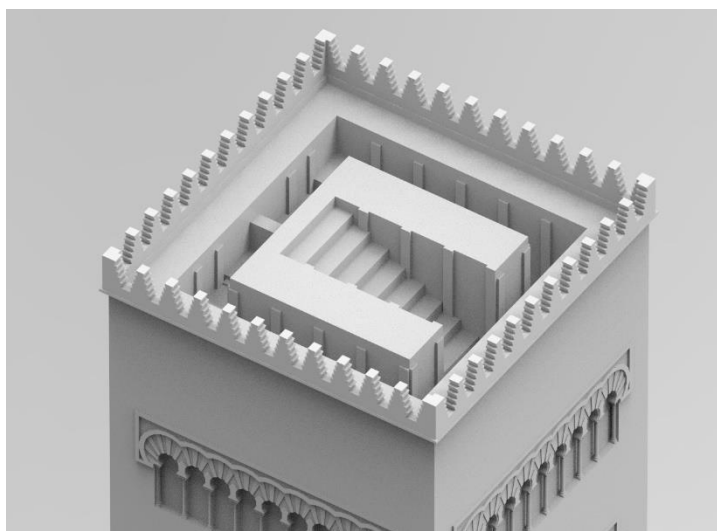


Figura 4.24. Unión y desembarque de las escaleras en la azotea. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.

Del interior es interesante destacar en primer lugar las falsas bóvedas y las bóvedas decorativas, que no debían ser regulares en su trazado. La distancia existente entre las bóvedas efectivas y las decorativas varía a lo largo de todo su trazado, figura 4.25.

En su restitución, Hernández estudio los encadenados de madera existentes en el interior del alminar, haciendo una restitución de los mismos, figura 4.9. Tras el estudio tanto de su restitución, como de los datos obtenidos en campo, hemos llegado a la conclusión que su restitución de los encadenados no es completamente correcta. Como puede verse en la figura 4.26, si el encadenado de madera fuera igual al mostrado en la figura 4.9, no permitiría el paso por la escalera en el tramo mostrado, ya que lo cortaría. Esto mismo ocurre también en el segundo encadenado ubicado en la zona superior, y es que la cota a la que se encuentra impide que éste se una con el encadenado exterior en dicha zona.

Ésta es una de las grandes modificaciones hechas a la restitución de Hernández, ya que modifica la estructura interna de los encadenados de madera. Además de esta modificación, también se ha unido mediante un pasillo la puerta Norte y la puerta Sur de este ejemplar, ya que tal y como dicen las fuentes, la puerta Norte comunicaba con el Patio de los Naranjos.



<https://goo.gl/dXUZTm>

Modelo 3D (Sketchfab)

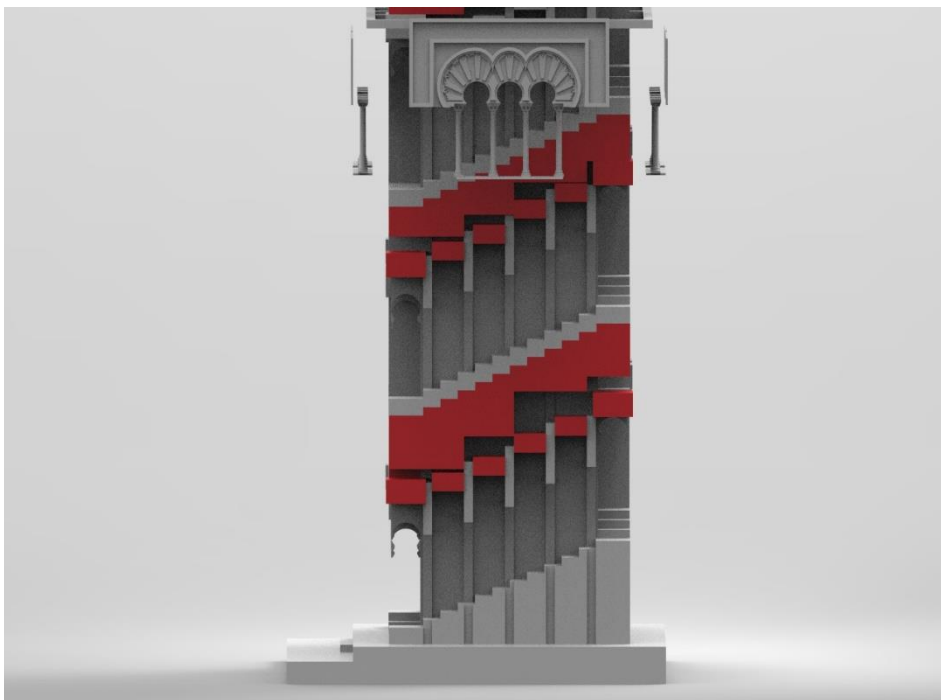


Figura 4.25. Diferencia entre las bóvedas efectivas y las bóvedas decorativas. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.

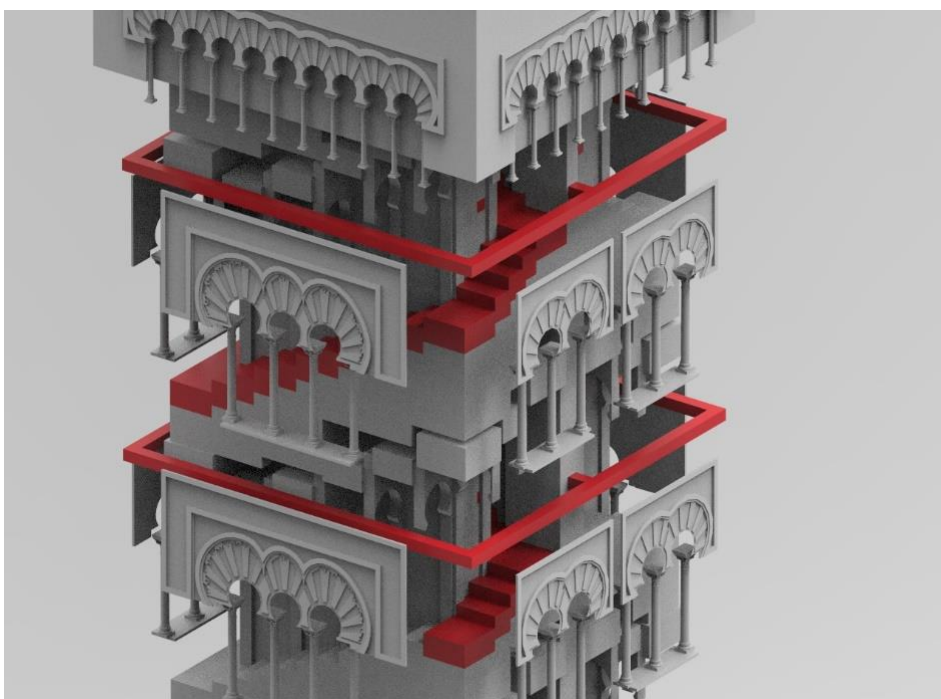


Figura 4.26. Encadenados de madera modificados para permitir el paso. Modelo realizado en Solid Edge y renderizado con Keyshot.

III) Exterior del alminar

En cuanto al exterior de nuestro ejemplar, se han seguido las mismas pautas, ya que muy poco o nada ha sobrevivido al paso del tiempo. Lo único que se sabe con seguridad es la decoración de las ventanas de tres ojos, siendo todo lo demás una incógnita que debemos resolver a través de las decoraciones existentes en las puertas laterales de la Mezquita.

Para la restitución tridimensional se han usado dichas puertas para la decoración de la puerta Sur, puerta Norte y puertas de la linterna del alminar. Al final del presente capítulo se incluyen los planos completos de la restitución, con todos los cortes y vistas necesarios para comprender y analizar el mismo.



<https://goo.gl/pM7T5R>

Modelo 3D (Sketchfab)

IV) Video de la restitución

El 4 de noviembre de 2014 la Catedral de Córdoba con motivo del 775 aniversario de su consagración como Catedral y tras varios años de trabajos en el interior de la Torre de la Catedral, se procedió a su apertura al público.

Con motivo de la apertura y como presentación a los directores de los distintos medios de comunicación, se llevó a cabo un video de su evolución a lo largo de la historia. Para la creación del video se hizo uso del software libre Blender (Blender, 2017). El modelado realizado con Solid Edge fue exportado y posteriormente importado en Blender para añadirle todas las texturas y decoración, figura 4.27.



<http://bit.ly/2equVXL>

Video (Youtube)

Todas las texturas utilizadas para la realización del vídeo se han extraído del propio alminar o bien de la propia Mezquita Catedral. Utilizándose texturas de alta calidad para los fustes de las columnas, decoración de las puertas y decoración interior de las ventanas. El vídeo fue renderizado en un ordenador con un procesador E5-1620v2 3,7 GHz, 32 Gb DDR3, 1x NVIDIA Quadro Kepler K4000 3Gb GDDR5. Con una duración total de 5 minutos, se calcularon 7500 frames para generar el vídeo.

Las texturas utilizadas provienen todas ellas del propio edificio. Para las puertas del alminar se utilizaron las puertas del archivo de la Catedral, figura 4.28. Mientras que, para la decoración interior de los arcos ciegos, se utilizó la decoración existente en los frisos de arquillos que coronan las puertas laterales de la Mezquita-Catedral, figura 4.28.

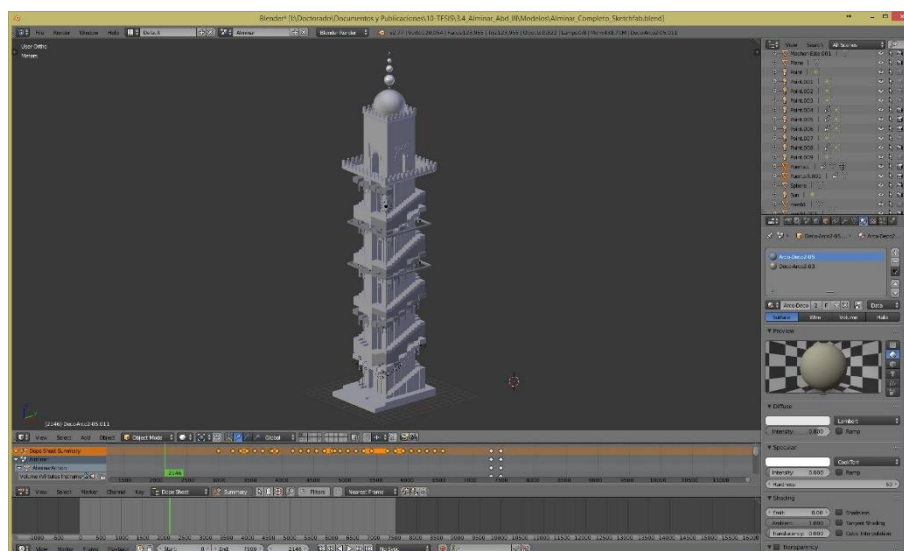


Figura 4.27. Alminar en el software Blender para el renderizado del video.



Figura 4.28. Texturas utilizadas para las puertas del alminar y para el interior de las ventanas ciegas.

3.4.5. Escala de Evidencia para Reconstrucciones Virtuales.

I) Antecedentes

En la actualidad cuando los investigadores o los turistas observan una reconstrucción virtual llevada a cabo por algún técnico, ya sea arqueólogo, arquitecto, ingeniero o diseñador, obtienen una visión irreal del monumento o emplazamiento arqueológico, ya que están observando una restitución basada en los estudios del autor.

Todas las reconstrucciones llevadas a cabo mediante el uso de videos, infografías o modelos tridimensionales, tienen como objetivo mostrar una ilusión, que puede tener mayor o menor veracidad pero que en ningún caso llegará a ser real. Este es un problema en el cual se lleva trabajando durante mucho tiempo por parte de aquellos técnicos que queremos mostrar la veracidad de las reconstrucciones que llevamos a cabo, para evitar de esta forma, que el turista u otro científico se lleven una visión errónea de lo que fue en realidad.

Una primera solución a este problema en las restituciones de la Mezquita Catedral de Córdoba la llevo a cabo en su reconstrucción 2D del alminar de ‘Abd al-Rahman III el arquitecto Félix Hernández (Hernández, 1975). Diferenciando perfectamente entre lo supuesto e investigado por él, y los restos originales. Éste sistema, aunque válido en una reconstrucción 2D, no lo es en una reconstrucción 3D, en la que existen zonas con distintos niveles de iluminación y una mayor complejidad.

Son numerosas las reconstrucciones virtuales publicadas en internet y revistas científicas que muestran objetos o partes de monumentos fechados en una época que sería imposible que perteneciesen a la misma, debido a que fueron edificados posteriormente. Para evitar estos problemas y esclarecer, mejorar y aportar una base científica a nuestras restituciones, nace la Escala de Evidencia o conocimiento de las reconstrucciones.

En 1994 se funda el proyecto Byzantium 1200, este proyecto no cuenta con financiación de ningún tipo y está siendo llevado a cabo de forma altruista. El proyecto nace con la idea de reconstruir la ciudad de Bizancio en el año 1200, antes de la destrucción de la ciudad por los Cruzados al mando de Bonifacio de Montferrato en el año 1204.

Aunque el proyecto se inicia en 1994 cuando se empiezan los trabajos junto con el Dr. Albrecht Berger del Instituto Arqueológico Alemán, no es hasta el año 2004 cuando los primeros modelos de la ciudad empiezan a ser mostrados en su página web, tras diez años de investigación (Byzantium1200, 2016).

En el año 2011, se terminó el Puerto bizantino o Portus Theodosiacus mostrándose una nueva escala indicando el nivel de conocimiento actual de la reconstrucción. Ésta escala permite de forma sencilla mostrar a toda aquella persona que observe la reconstrucción que zonas existen en realidad, que zonas se basan en excavaciones arqueológicas y cuales han sido diseñadas por el autor.

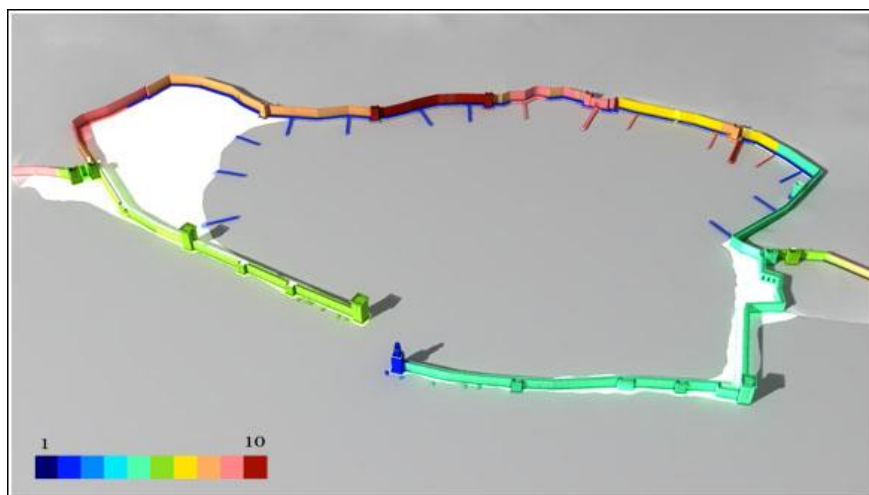


Figura 4.29. Escala de Evidencia aplicada en el Portus Theodosiacus. Proyecto Byzantium 1200.

Otro autor que ha profundizado acerca del mismo problema (Dell’Unto et al., 2013), generó una serie de niveles diferenciando la consistencia (levels of consistency) para diferenciar las evidencias arqueológicas de otras fuentes. Dell’Unto creó una escala de 6 niveles; Reconstrucción por “objetividad”, “testimonio”, “deducción”, “comparación”, “analogía o estilo” e “hipótesis”. En este caso, aunque Dell’Unto presenta una escala de evidencia, no indica degradación cromática alguna.

Recientemente, el arqueólogo Pablo Aparicio Resco en colaboración con el arqueólogo portugués César Figueiredo está llevando a cabo una tabla que representa el grado de Evidencia Histórico/Arqueológica basándose para ello en la escala creada para el proyecto Byzantium 1200. En realidad, la escala es la misma a excepción de alguna modificación en la división de la escala.

Según el autor la escala es definida mediante un degradado de colores cálidos a fríos, y con una codificación de color para que los tonos sean siempre los mismos, figura 4.31, y puede ser descargada en el siguiente enlace, (http://www.mediafire.com/view/vcl26cuwc66b5m3/Escala_Evidencias.pdf), (PAR, 2014; PAR, 2014).



Figura 4.30. Escala de Evidencia aplicada en al Gran Palacio de Bizancio. Proyecto Byzantium 1200

Unos meses más tarde, se lleva a cabo en la plataforma Loomio un debate abierto para modificar y mejorar la escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones

virtuales, (PAR, 2014; Loomio, 2014), con el fin de llegar a un consenso con la comunidad dedicada a este tipo de trabajos.

Una vez llegado a un acuerdo acerca de los colores definitivos que debía tener la escala, Aparicio lleva a cabo una reconstrucción virtual de una Torre-Atalaya romana con motivo de un curso de introducción al software Blender (PAR, 2016). En la figura 4.32 se muestra la Torre-Atalaya con la escala de evidencia histórico-arqueológica.



Figura 4.31. Escala de Evidencia Histórico/ Arqueológica propuesta modificada por Aparicio Resco.

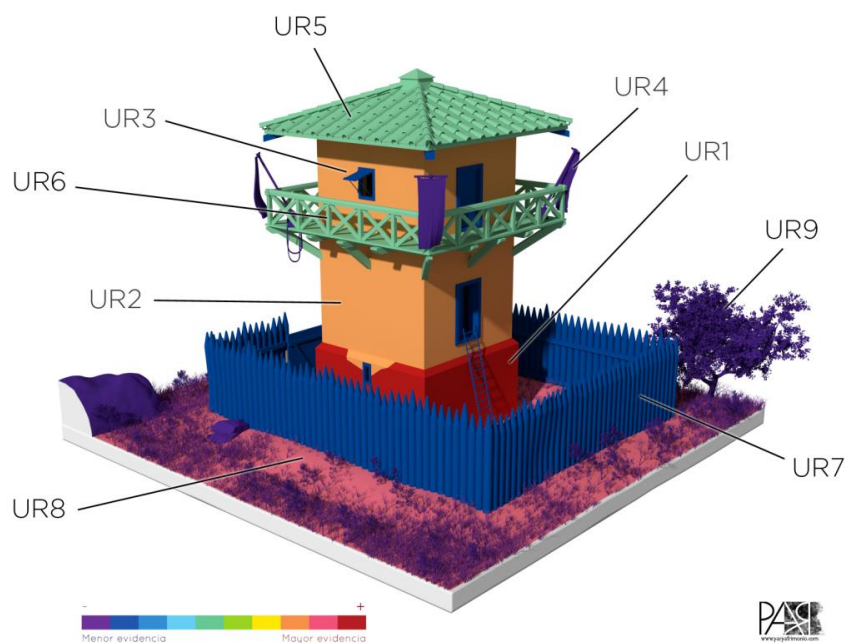


Figura 4.32. Escala de Evidencia Histórico/ Arqueológica aplicada a una Torre-Atalaya. Pablo Aparicio Resco.

Con estos trabajos como base, se ha llevado a cabo una mejora y ajuste de la escala de evidencia para su uso en reconstrucciones virtuales. En el presente capítulo se mostrará el trabajo llevado a cabo con la restitución del Alminar de ‘Abd-al-Rahman III, comparando ambas escalas y viendo las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

La escala existente actualmente tiene la ventaja de que muestra con precisión la veracidad de las reconstrucciones llevadas a cabo. Por otra parte, tiene un excesivo número de fases, las cuales pueden ser reducidas, así como una variación de colores demasiado amplia. Esta degradación cromática conduce a su vez hacia un problema. En aquellas reconstrucciones en las cuales gran parte del modelo se encuentre en su estado original o tenga una mayor evidencia su existencia, la escala satura la imagen obtenida debido a los colores rojo, rosa y naranja de sus tres primeras fases.

Como apoyo a la escala que empieza a desarrollarse y para mejorar la redacción de la documentación necesaria para las reconstrucciones virtuales, los arqueólogos de la Universidad de Alicante Jaime Molina Vidal y Francisco Javier Muñoz Ojeda han desarrollado una ficha de Reconstrucción Virtual (UR) que sería incluida en todas las reconstrucciones para mejorar la documentación (Molina Vidal y Muñoz Ojeda, 2015). Tal y como sus autores señalan, esta ficha pretende cubrir los aspectos recomendados por las Cartas de Londres (Denard, 2009) y los Principios de Sevilla de Arqueología Virtual, (López-Menchero Bendicho y Grande, 2011; International Forum of Virtual Archaeology, 2012). La Carta de Londres en su preámbulo enuncia lo siguiente,

...garantizar que los métodos de visualización computerizada sean aplicados con rigor académico, así como que sus resultados den a entender de un modo preciso a los usuarios el grado del conocimiento que representan, como por ejemplo las diferencias entre evidencia e hipótesis o entre los distintos niveles de probabilidad.

Dos de los objetivos que se plantean son el promover el rigor intelectual y técnico y garantizar que los procesos y resultados sean adecuadamente comprendidos y evaluados por los usuarios. Argumentando eso sí, en su Principio 1: Implementación, que cada comunidad de expertos debe desarrollar las directrices de implementación de la susodicha carta de manera coherente con sus propias pretensiones, objetivos y métodos. Por otra parte, en el preámbulo de la Carta de Sevilla se enuncia lo siguiente,

El espectacular crecimiento del turismo cultural y los increíbles avances tecnológicos desarrollados en los últimos años han propiciado la elaboración y ejecución de un sin fin de proyectos encaminados a investigar, preservar, interpretar y presentar distintos elementos del patrimonio arqueológico a partir de la utilización de la visualización asistida por ordenador. Estos proyectos han servido para demostrar el extraordinario potencial que la visualización asistida por ordenador encierra en sí misma pero también han dejado al descubierto numerosas debilidades e incongruencias. Por ello se hace ineludible plantear un debate teórico de implicaciones prácticas que permita a los gestores del patrimonio aprovechar lo mejor que las nuevas tecnologías pueden ofrecernos en esta materia minimizando sus aplicaciones más controvertidas. En definitiva, se trata de establecer unos principios básicos que regulen las prácticas de esta pujante disciplina.

Y dos de sus objetivos,

- *Establecer directrices encaminadas a facilitar al público un mayor entendimiento y mejor apreciación de la labor que desarrolla la disciplina arqueológica.*
- *Establecer principios y criterios que sirvan para medir los niveles de calidad de los proyectos que se realicen en el campo de la arqueología virtual.*

Y en su Principio 4: Autenticidad.

La visualización asistida por ordenador trabaja de manera habitual reconstruyendo o recreando edificios, artefactos y entornos del pasado tal y como se considera que fueron, es por ello que siempre debe ser posible saber que es real, veraz, auténtico y que no. En este sentido la autenticidad debe ser un concepto operativo permanente para cualquier proyecto de arqueología virtual.

El propio Aparicio empieza a hacer uso también de esta Ficha de Unidades de Reconstrucción como puede apreciarse en la figura 4.32 (PAR, 2014). En estas Unidades de Reconstrucción (UR) se introduce toda la información referente al objeto o parte del mismo reconstruido. Entre dicha información figura su nivel de evidencia, su unidad estratigráfica, si la tiene, una descripción del objeto e incluso la bibliografía en la cual el autor se ha basado para llevar a cabo dicha reconstrucción, figura 4.33.

The image shows a screenshot of a web-based form titled 'UR' (Unidad de Reconstrucción). The form is organized into a table-like structure with labels on the left and input fields on the right. The labels and their corresponding input fields are: 'UR' (text input with '0'), 'Localización' (text input), 'Tipo' (dropdown menu with 'Entorno y Paisaje'), 'Subtipo' (dropdown menu with 'Fauna'), 'Descripción' (text input), 'Interpretación' (text input), 'Nivel de conocimiento' (dropdown menu with '07-Datos arqueológicos'), 'Hipótesis Alternativas' (text input), 'Imagen' (text input), and 'Autoría' (text input). At the bottom of the form, there are two buttons: 'Agregar nuevo registro' and 'Guardar registro'.

Figura 4.32. Tabla de Access con las Unidades de Reconstrucción. (Molina Vidal y Muñoz Ojeda, 2015).

Además de las ya citadas Cartas tenemos a nuestra disposición las Recomendación Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales (IAPH, 2011), que en su apartado 4.4. Procesos de anastilosis o recreación virtual propone dos objetivos para estas reconstrucciones,

Ayudar a plantear/contrastar hipótesis de trabajo, facilitando la toma de decisiones y la reflexión científica.

Desarrollar productos de difusión que faciliten la transmisión del conocimiento histórico generado a la sociedad.

Aclarando en el siguiente párrafo, *se uso debe estar cautelado y controlado por los agentes de la investigación histórica (arqueológica y arquitectónica), que tienen la responsabilidad de aportar el rigor científico y la obligación de establecer los niveles de incertidumbre que justifique y contextualice la hipótesis adoptada garantizando el compromiso ético/científico con la entidad patrimonial.* Quedando claro de nuevo la obligación de los técnicos a presentar unas reconstrucciones virtuales con rigor científico y dejando en todo momento claro los niveles de incertidumbre.

II) Escala de Evidencia propuesta “COR_16”

La presente Escala de Evidencia tiene dos problemas. El primero y más importante es su degradación cromática. En las reconstrucciones virtuales de monumentos en los cuales gran parte del modelo se encuentra en su estado original o con alguna modificación, la escala provoca una saturación de la imagen obtenida. Para demostrarlo, se han llevado a cabo dos modelos tridimensionales sobre los que trabajar con la Escala de Evidencia actual y la propuesta en este capítulo.

La actual Escala de Evidencia (Byzantium1200, 2016) es válida para reconstrucciones en las cuales poco o muy poco del monumento o emplazamiento arqueológico es original. Ya que, de no ser así, la imagen se satura y en lugar de llamar la atención del investigador hacia las zonas reconstruidas, se consigue precisamente el efecto contrario.

Esto se debe a que el cerebro humano se siente atraído por los colores cálidos como el rojo, rosa y naranja ya que son colores asociados con el peligro y los estados de alerta. Los colores rojo y naranja representan la sangre y el fuego, siendo para muchos pueblos el color rojo el ligado a la vida (Chevalier, 1986). El rojo es el símbolo del martirio y el sacrificio debido a su asociación con la sangre (Feisner, 2006). Así mismo, tanto los griegos como los hebreos consideraban el rojo un símbolo del sacrificio (Dreyfuss, 1984). Además, el color rojo es el que más atrae nuestra atención al ser el color asociado con el dinamismo y la actividad. (Heller, 2000). Este motivo lleva a que la atención del espectador se centre en el lugar incorrecto de la imagen que es precisamente la parte que existe en el monumento, pudiendo generar de esta forma incertidumbre en el espectador.

Si queremos seguir trabajando con la escala de evidencia no quedan más que dos caminos a seguir. La primera opción sería invertir la escala, colocando el color morado o azul oscuro en el nivel 10 de evidencia y el color rojo en el nivel 1, consiguiendo de esta manera evitar que el espectador se centre en el lugar equivocado. Pero esta solución no evita la sobrecarga debida a la gran variación de colores utilizados, ni el excesivo número de niveles existentes.

La segunda opción es la modificación de la escala, tanto en su rango, como en su degradación cromática para evitar ambos problemas, y que será la solución propuesta y analizada en el capítulo.

Las reconstrucciones virtuales escogidas para probar ambas escalas han sido el alminar de ‘Abd al-Rahman III, actualmente ubicado en el interior de la Torre Campanario de la Mezquita Catedral de Córdoba (Nieto Cumplido, 2007). Éste alminar fue estudiado por Hernández (Hernández Giménez, 1975) y nos hemos valido de su restitución 2D, aunque con algunas modificaciones, para crear nuestra reconstrucción tridimensional. Por otra parte, se ha hecho uso también de un sector de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I, del cual se conserva en su estado original casi la totalidad de la reconstrucción, permitiéndonos de esta forma comprobar las escalas con dos ejemplos. El primero de ellos con un menor nivel de evidencia y el segundo de ellos con casi la totalidad de la reconstrucción en su estado original.

Las reconstrucciones virtuales han sido llevadas a cabo haciendo uso del software Solid Edge ST9 (Siemens, 2016), mediante el que se está llevando a cabo un levantamiento 3D de toda la Mezquita Catedral de Córdoba. Mientras que para el renderizado de las imágenes con la Escala de Evidencia se ha hecho uso del software Keyshot 6 (Siemens, 2016). Para el montaje de los renders y de la Escala de Evidencia se ha hecho uso del Open Source software Gimp (Gimp, 2016).

En ambos casos, la escala conlleva una saturación de la imagen obtenida debido a los tonos rojos y naranjas de las tres primeras fases de la escala. En la figura 4.33, se muestra la

reconstrucción del alminar de ‘Abd al-Rahman III haciendo uso de la escala de certidumbre original. En este caso, y debido a que la mayor parte del alminar no existe, la saturación es moderada, aunque desde un punto de vista visual, contiene demasiada variación cromática.

Por otra parte, si hacemos uso de dicha escala en la reconstrucción del oratorio de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I, figura 4.34 (para analizar el levantamiento llevado a cabo véase el Capítulo 3.10), se puede observar la saturación en la imagen anteriormente descrita. Ésta zona del templo Catedralicio se encuentra actualmente en un estado muy similar al original, habiendo cambiado simplemente la cota de su pavimentación, los modillones de rollos sobre los cimacios y algunos arcos reconstruidos.

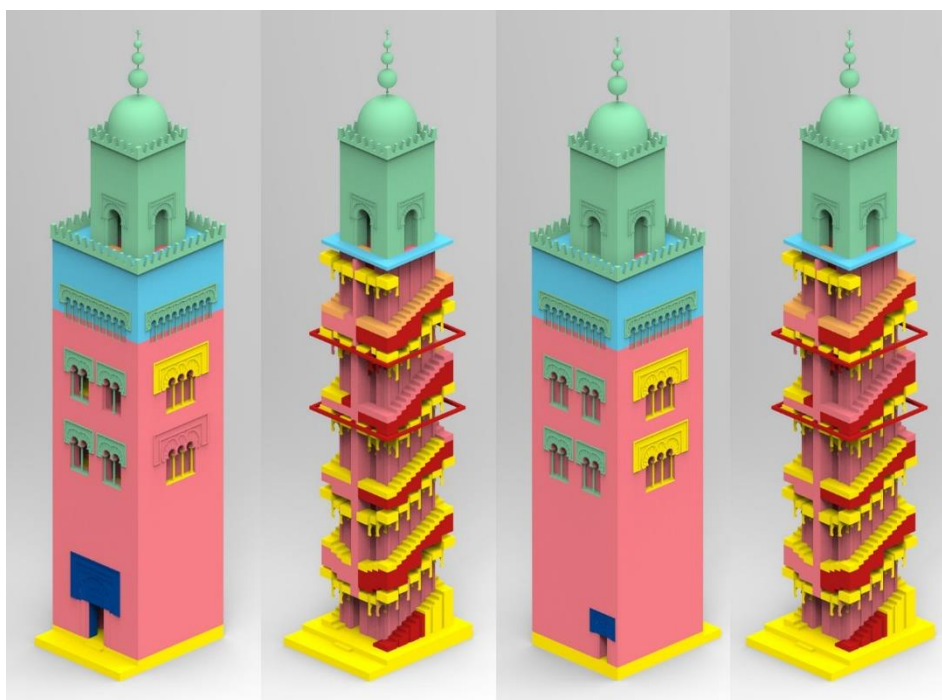


Figura 4.33. Escala de Evidencia original aplicada sobre el alminar de ‘Abd al-Rahman III.

Tras comprobar esto mismo en distintas reconstrucciones llevadas a cabo, hemos llegado siempre a la misma conclusión. La escala de evidencia propuesta por el equipo de Byzantium 1200 y posteriormente mejorada por Aparicio y Figueiredo es válida para reconstrucciones en las cuales poco o muy poco del monumento o emplazamiento arqueológico sea original. Ya que, de no ser así, la imagen se satura y en lugar de llamar la atención del turista, o investigador hacia las zonas reconstruidas, y por tanto más interesantes, se consigue precisamente el efecto contrario.

La primera decisión tomada fue la reducción de los niveles de la escala en todo lo posible sin perder información, de forma que necesitásemos menos colores o pudiendo ampliar la diferencia entre las tonalidades al tener un menor número de ellas.

La escala actual tiene los siguientes niveles como ya se ha expuesto anteriormente, (1) Imaginación, (2) Basado en estructuras similares, (3) Evidencias textuales, (4) Evidencias textuales y comparativas, (5) Evidencia gráfica sencilla, (6) Evidencia gráfica, (7) Información arqueológica, (8) Fotografías o planos disponibles, (9) Existe parcialmente o con modificaciones y (10) Existe en su forma original.

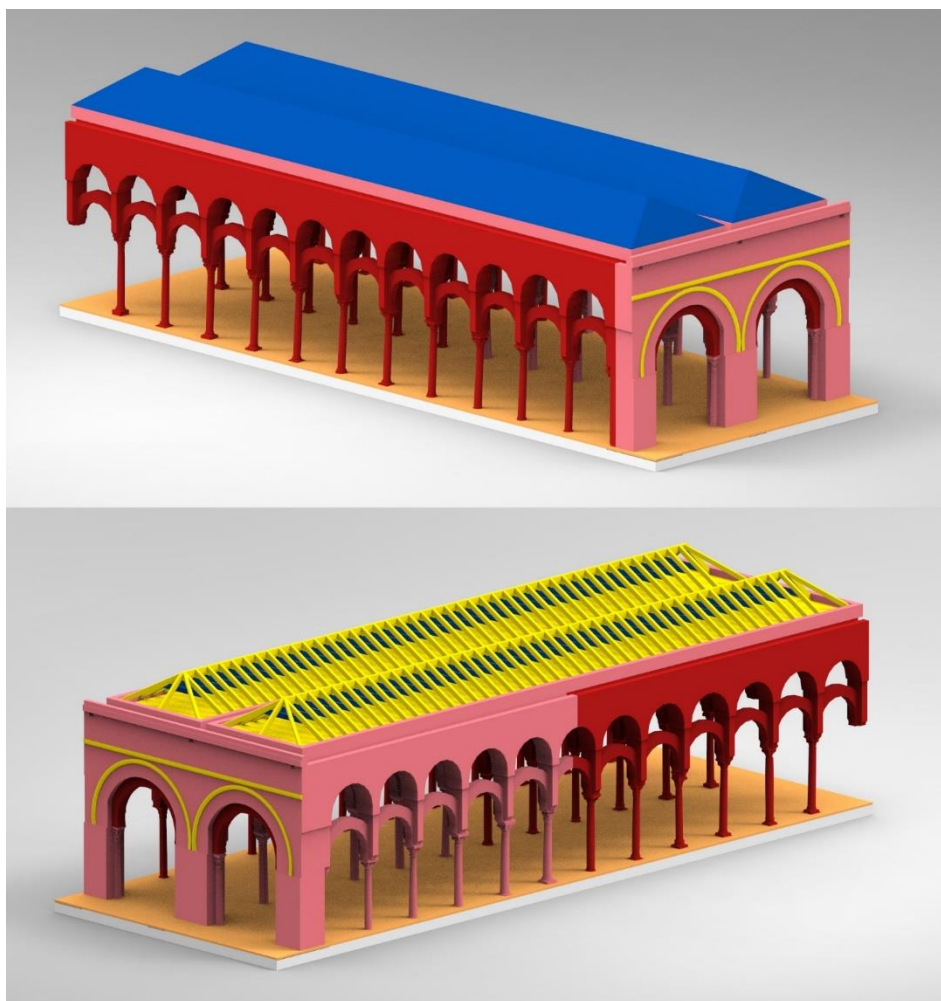


Figura 4.34. Escala de Evidencia original aplicada sobre un sector de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I.

Por nuestra parte hemos decidido recortar la escala en dos niveles, pasando de 10 a 8:

8. Existe en su forma original.
7. Existe con modificaciones.
6. Representación gráfica de detalle.
5. Representación gráfica sencilla.
4. Información basada en excavaciones arqueológicas.
3. Información basada en textos del edificio.
2. Basado en estructuras similares de la misma época o cercana.
1. Basado en el contexto histórico, naturaleza y cultura.

Como puede observarse se han eliminado los puntos 4 y 8 de la escala original. El punto 8 se ha tomado la decisión de suprimirlo ya que consideramos que tanto las fotografías, como los planos disponibles entran perfectamente dentro de la categoría de Representación gráfica de detalle. Por otro parte, el nivel 4 hace referencia a Referencias textuales y comparativas, siendo el nivel 3, evidencias textuales. Por nuestra parte hemos decidido congregar ambos niveles en uno sólo, 3, Información basada en textos del edificio. La

decisión por la cual hemos decidido actuar así es debido a la experiencia manejando textos que se ha adquirido a lo largo de la ejecución del presente trabajo.

Y es que, como ya comprobó Hernández (Hernández, 1975), aunque la descripción del monumento sea muy amplia o detallada, los escribas y viajeros en la mayoría de las ocasiones escribían sus textos años después de haber visitado el mismo, mencionaban aparte de los copistas, mientras unos copiaban más, otros lo hacían menos y otros comprimían los escritos de los anteriores. Éste es uno de los problemas a los que se tuvo que enfrentar Hernández en su reconstrucción del alminar, y a los que cualquier investigador debe hacer frente cuando hay documentación escrita de distintas fuentes y distintos años. Por este motivo se ha decidido aunar todos los textos en un único nivel.

A continuación, se ha descrito con mayor detalle el significado de cada nivel y cuál es su campo de aplicación dentro de la reconstrucción virtual llevada a cabo.

Niveles de la Escala de Evidencia COR_16.

8. Existe en su forma original

El elemento subsiste tal y como fue en su época de construcción. No ha sido modificado posteriormente y puede estudiarse en la actualidad. Esto no implica que el elemento no tenga marcas de deterioro debido al paso del tiempo, siempre y cuando éstas no hayan sido restauradas.

7. Existe con modificaciones

El elemento sigue existiendo en la actualidad. Se encuentra modificado por obras o restauraciones posteriores, o bien no subsiste en su totalidad.

6. Representación gráfica de detalle.

El elemento se conoce gracias a fotografías antiguas y/o planos del edificio. Éstos pueden ser del momento de su construcción o de una etapa posterior, de ser así, deberán tenerse en cuenta las posibles reformas que haya sufrido.

5. Representación gráfica sencilla.

El elemento se conoce gracias a grabados, pinturas, bocetos, esculturas, tallas o la representación básica en monedas, libros u otros soportes de dicho elemento.

4. Información basada en excavaciones arqueológicas.

Tras la excavación llevada a cabo, el arqueólogo podrá plantear una restitución de las partes que faltan del emplazamiento arqueológico. Los restos encontrados durante la excavación pertenecerán al nivel 7, ya que existen con modificaciones. Este nivel está dedicado a las suposiciones o resultados a los que ha llegado el arqueólogo tras la excavación.

3. Información basada en textos del edificio.

Se conoce el elemento gracias a la descripción llevada a cabo por historiadores, viajeros o cronistas de la época de su construcción o posteriores. En dicha descripción se dan medidas, decoración o datos importantes para la descripción del elemento.

2. Basado en estructuras similares de la misma época o cercanas.

Se desconoce la forma del elemento original y se representa basándose en otras estructuras similares existentes en la época de construcción o cercana a la misma.

Teniendo en cuenta siempre los cambios políticos, económicos o militares existentes en dichas épocas.

1. Basado en el contexto histórico, naturaleza y cultura.

Elementos propios del entorno, como el agua, árboles, animales, personas, y todos los elementos de decoración como banderas, carteles, topografía, edificios, mobiliario y accesorios varios.

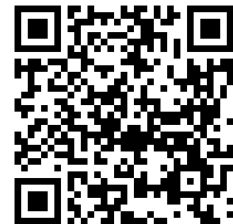
La escala definitiva propuesta se muestra en la figura 4.35, han sido añadidas también las distintas referencias para cada color de forma que puedan ser utilizados exactamente los mismos colores por cualquier técnico.

Para la elección de la degradación cromática han sido escogidas dos tonalidades y sus correspondientes degradados. Para los tres niveles superiores de la escala, 8, 7, y 6 se ha optado por una tonalidad azul verdosa con un degradado de oscuro a claro mostrando de esta forma que nivel tiene mayor certidumbre, 8. *Existe en su forma original.*

Para los niveles 5, 4, 3 y 2 se ha optado por una tonalidad marrón con un degradado de la misma forma que el anterior; con el color más oscuro mostrando el nivel con mayor certidumbre, 5. *Representación gráfica sencilla.* Por último, para el nivel 1, dedicado al entorno, se ha escogido un color gris claro de forma que se distinga y no llame la atención con respecto al resto.

Hemos considerado que la escala debía estar dividida de esta forma, puesto que los niveles 8, 7 y 6 son los que más certidumbre tienen, siendo el nivel 6 el límite, ya que representa un nivel en el cual se disponen de planos o fotografías del edificio en su estado original. Por otro lado, los niveles inferiores ya muestran una interpretación por parte del investigador que lleva a cabo la reconstrucción, o por parte del creador del texto o documento utilizado.

Por ejemplo, el nivel 5 muestra que se tiene la certidumbre gracias a un grabado, pintura o boceto, pero se debe tener en cuenta que dicho grabado o boceto fue interpretado por el artista que lo creó. Por tanto, tiene una menor certidumbre que una fotografía o un plano. Por este motivo consideramos que la Escala de Evidencia tiene un corte claro y preciso entre el nivel 6 y el nivel 5. Para comprobar lo hasta ahora expuesto se han vuelto a renderizar tanto el alminar de ‘Abd al-Rahman III como el interior del oratorio de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I con la escala propuesta.



<https://goo.gl/qot12o>

Modelo 3D Sketchfab

ESCALA DE EVIDENCIA PARA RECONSTRUCCIONES VIRTUALES

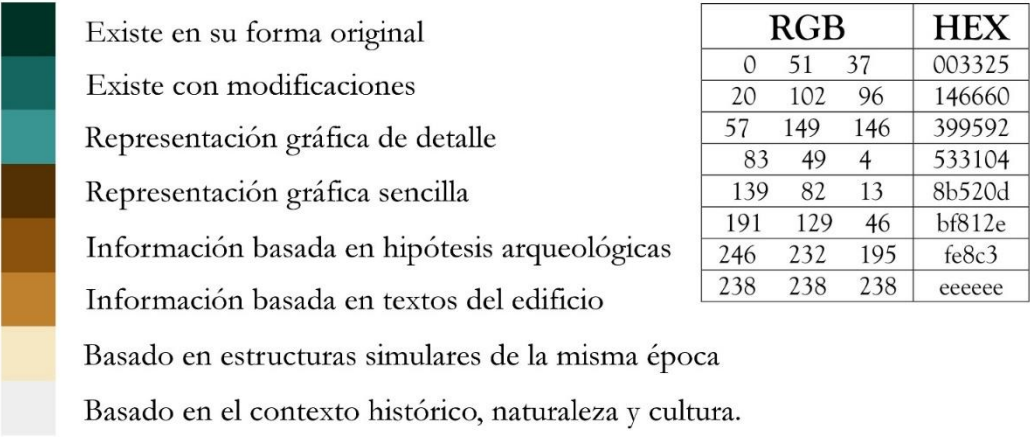


Figura 4.35. Escala de Evidencia propuesta.

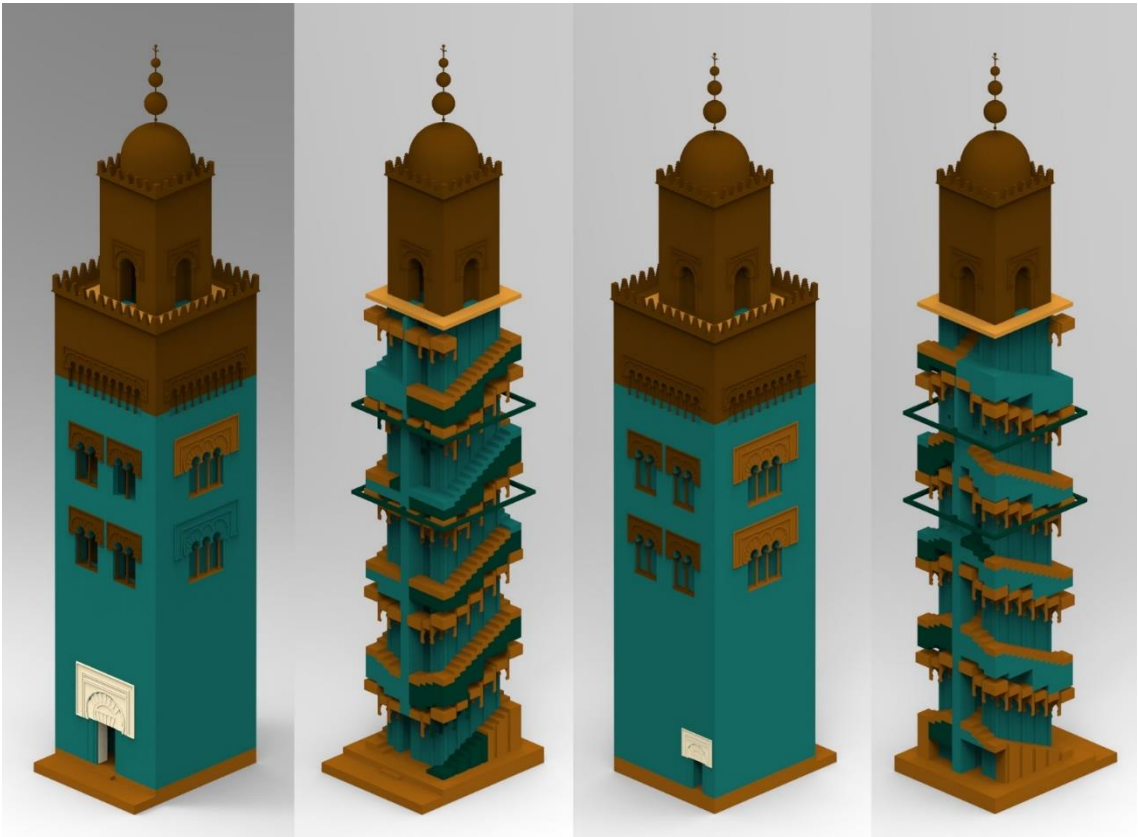


Figura 4.36. Escala de Evidencia propuesta aplicada al alminar de ‘Abd al-Rahman III.



<https://goo.gl/me76Uz>

Modelo 3D Sketchfab



<https://goo.gl/AncRg2>

Modelo 3D Sketchfab

En las figuras 4.36 y 4.37 se observa como la nueva escala propuesta es menos agresiva que la original. En la figura 4.33, en la parte exterior del alminar la escala original muestra una mayor saturación debido al color rosa predominante en la zona inferior. Esto se nota aún más en la zona interior del alminar, en la cual tenemos zonas con color rojo, rosa y naranja en una mayor proporción. Por otra parte, la escala propuesta evita dicha saturación sin que esto suponga una pérdida de información o un problema en la distinción de los distintos niveles de la Escala de Evidencia.

Aunque ya en el alminar se observa un elevado número de colores en la escala original, lo que provoca una pérdida del carácter científico de la misma. Esta saturación se nota aún más en la reconstrucción del oratorio de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I. En la figura 4.34, la saturación en la imagen es aún mayor.

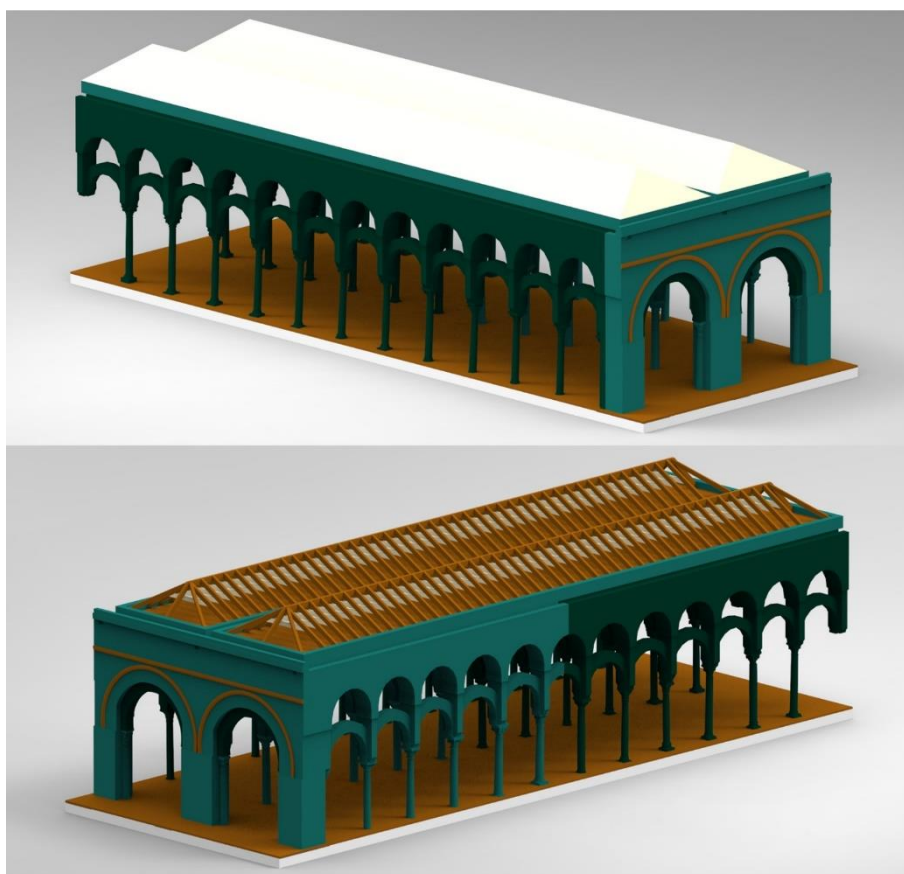


Figura 4.37. Escala de Evidencia propuesta aplicada a un sector de la Mezquita de ‘Abd al-Rahman I.

3.4.6. Conclusiones

El primer objetivo del capítulo es reconstruir tridimensionalmente el alminar de ‘Abd al-Rahman III, objetivo que ha sido conseguido. Para llevarlo a cabo se ha tenido que estudiar no solo las fuentes árabes y la reconstrucción planimétrica de Félix Hernández. Sino que también se han estudiado los restos del alminar ubicados en el interior de la actual torre campanario. Esta exploración ha permitido documentar zonas del alminar hasta ahora no accesibles, obteniendo datos imprescindibles para la correcta reconstrucción tridimensional del mismo.

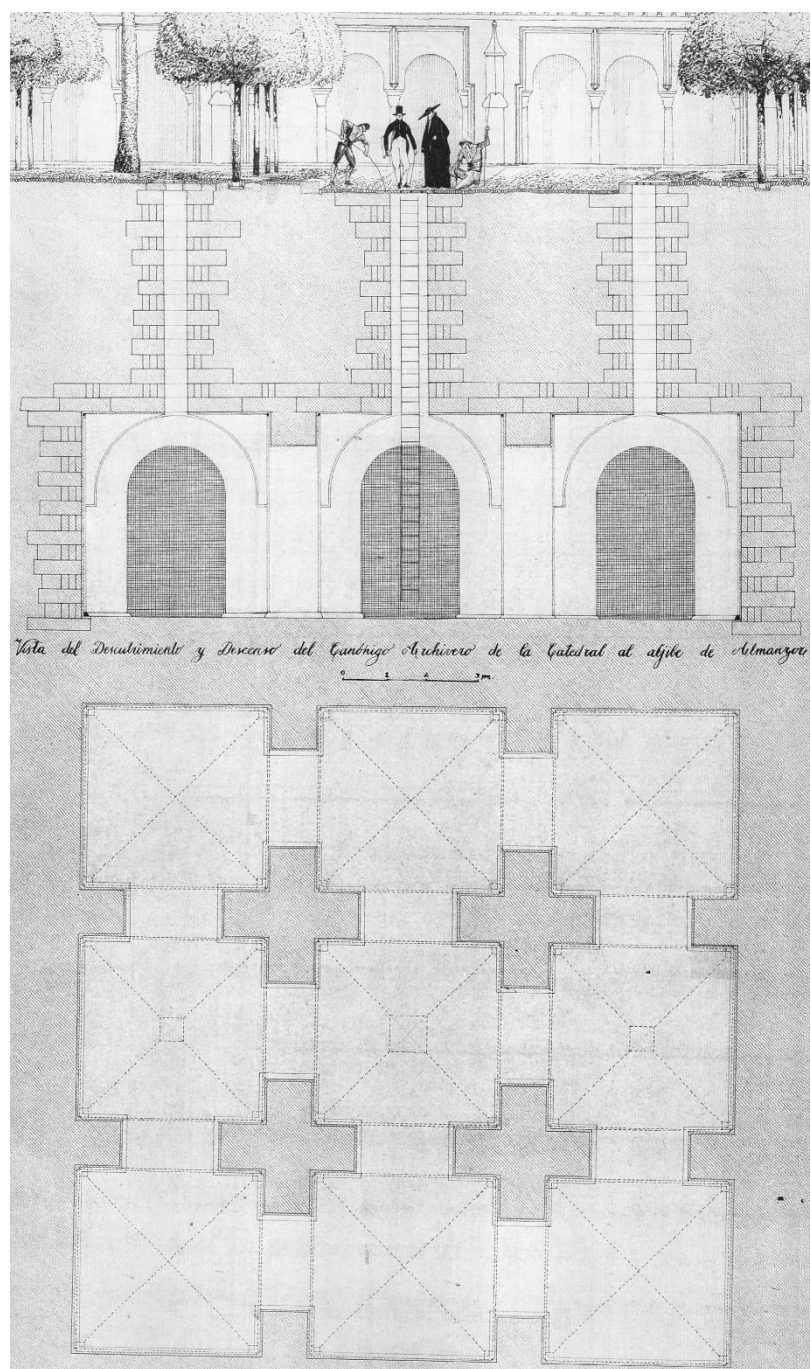
Una de las zonas exploradas ha sido la entrada original del alminar, así como el inicio de su escalera oriental. Además, la reconstrucción tridimensional ha permitido encontrar y solucionar pequeños errores cometidos por Hernández en su reconstrucción planimétrica. Por último, se ha realizado un video con la recreación de la torre y su historia como método de difusión para el turismo.

En cuanto a la escala de certidumbre, se ha conseguido reducir tanto los niveles de la escala, suprimiendo aquellos innecesarios, como la gran diferencia entre tonalidades que empobrecían la estética de la imagen. Por otro lado, hemos conseguido eliminar los tonos cálidos (rojo, rosa y naranja) de la imagen, consiguiendo que la atención del espectador no se centre en las zonas originales, sino que ahora se centrarán en los tonos marrones y verdes que son las zonas reconstruidas por el equipo técnico.

La escala propuesta cumple por tanto con las recomendaciones hechas tanto por las Cartas de Londres y los Principios de Sevilla, como por las Recomendaciones Técnicas publicadas por la Junta de Andalucía.

Queremos recordar antes de cerrar el presente capítulo que el principal motivo de estas reconstrucciones, y por tanto de esta Escala de Evidencia, es mostrar tanto a los científicos y técnicos, como al público en general las partes de la reconstrucción propuestas y supuestas por el equipo técnico encargado de desarrollarlas, mostrando de forma lo más diáfana, estética y científica posible la reconstrucción llevada a cabo, haciendo que su atención se focalice sobre las zonas propuestas y no sobre aquellas que el turista o científico puede ver o analizar in situ.

CAPÍTULO 3.5. EL ALJIBE DE ALMANZOR



Dibujo del Aljibe de Almanzor en el Patio de los Naranjos, 1981 (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992).

Capítulo 3.5. El Aljibe de Almanzor

3.5.1. Introducción

El uso de softwares de ingeniería aplicados al patrimonio permite una mejora en los resultados obtenidos y permite comprender de mejor forma los edificios o excavaciones arqueológicas. Este capítulo está dedicado al aljibe construido por Almanzor en el siglo X en la Mezquita-Catedral de Córdoba. El objetivo inicial será documentar de forma exacta y precisa el aljibe mediante el uso de fotogrametría (SFM) y estación total para su georreferenciación y medición.



Localización del Aljibe

Una vez obtenido el modelo tridimensional del aljibe podrá procederse al estudio hidráulico del mismo, haciendo uso de software de ingeniería. Para ello necesitaremos conocer los conductos de entrada y salida del aljibe, así como su orientación y pendiente. Para llevar a cabo el cálculo de capacidad y tiempo de llenado se hará uso de un software de simulación CFD (Computational Fluid Dynamics).

Aunque los objetivos de este capítulo no son los planteados en la tesis, se ha incluido para mostrar como el uso de softwares de ingeniería especializados pueden ser de utilidad para analizar y mejorar el conocimiento de nuestro patrimonio.

I) Crónicas y Fuentes Escritas - Antecedentes históricos.

La captación de agua fue, desde el primer emplazamiento de Córdoba, España, en Colina de los Quemados allá por el 3000 a. C (León Pastor, 2007), uno de los factores, aunque no el único, fundamentales para la elección de su emplazamiento. La captación y almacenamiento, por tanto, ha sido uno de los procesos más reiterados por los grupos humanos que han habitado este milenar núcleo urbano. Aunque no se conocen ni se tienen datos de los sistemas de almacenamiento de agua para época prerromana, es lógico plantear la existencia de pozos de agua y la propia captación de agua, en odres de piel, desde el río (León Pastor, 2007).

Un panorama similar acontece para la Córdoba Republicana (169 a.C. – 27 a.C.). El registro arqueológico se muestra parco en evidencias sobre esta cuestión y las intervenciones arqueológicas, que han detectado secuencia republicana en la antigua fundación de Marcelo, no han documentado grandes sistemas de almacenamiento de agua. La destrucción de la ciudad, en época de las Guerras Civiles por parte de las legiones de Cesar, que según las fuentes incendió y ejecutó a 22000 habitantes de la capital de la Ulterior, tampoco ayuda a albergar grandes esperanzas para una futura documentación de los sistemas de almacenamiento de aguas en la etapa republicana de la ciudad (León Pastor, Osuna Ruíz, 2003).

En este sentido, será la etapa Imperial la que marque un nuevo rumbo en los sistemas de captación y almacenamiento de agua, como para otras cuestiones tales como el urbanismo o la monumentalización de la urbe. La llegada de Octavio Augusto al poder, heredero político de Cesar a Roma, y sus sucesores, marcarán definitivamente el rumbo en todos los

aspectos anteriormente mencionados. Acontece por tanto en época Imperial la construcción del primer acueducto de la ciudad que, recogiendo de los veneros más próximos a la Colonia Patricia el líquido elemento, aporta un flujo constante y estable de agua para suministro y disfrute de ella. Es a partir de este momento, cuando en el registro arqueológico se documenta toda una serie de estructuras hidráulicas de diverso tipo, asociadas a esta nueva realidad en el urbanismo de la ciudad. Termas, fuentes públicas y privadas o ninfeos serán algunas de las estructuras que se construirán al amparo de los tres acueductos que llegará a poseer la antigua capital de la Baetica (Vaquerizo Gil, 2003).

Heredera de todo este contexto hidráulico será la Córdoba Tardoantigua e islámica, siglo VI-X d.C., que mantendrá, en muchos casos restaurando y reparando, los antiguos sistemas de captación de agua, algunos de ellos en uso hasta fechas relativamente recientes. Aljibes, alcubillas o pozos de noria completan la transformación definitiva en los sistemas de captación y almacenamiento de agua (Pizarro Berengena, 2012).

La Aljama de Qurtuba no queda al margen de este panorama, y en su registro arqueológico se documentan e identifican desde las aguas de Cabildo, herederas directas de los acueductos romanos hasta monumentales estructuras hidráulicas de almacenamiento de aguas, para su utilización en las salas de abluciones del oratorio musulmán, como es el caso del aljibe, objeto de estudio del presente capítulo (Pizarro Berengena, 2012).

La construcción de la Mezquita se inició en el año 786 d.C. sobre los restos del complejo basilical de San Vicente, que constituía el templo cristiano más importante de la ciudad desde el siglo V d.C. Una vez empezada a construir la primera mezquita por el emir independiente ‘Abd al-Rahman I, y terminada por su hijo Hixem I, fueron varios los emires y califas los que acometieron obras de ampliación y restauraciones en el templo (Nieto Cumplido, 2007). Las obras de ampliación más importantes fueron las llevadas a cabo por ‘Abd al-Rahman II, el califa ‘Abd al-Rahman III, el califa al-Hakam II y, por último, la mayor ampliación, pero también la de menor calidad artística, realizada por Almanzor.

Ante esta última gran ampliación, la Mezquita se vio necesitada de una mayor cantidad de agua para abastecer las salas de abluciones del templo, esto conllevó la construcción en el Patio de los Naranjos de un gran aljibe. Acerca del mismo tenemos constancia de varios documentos históricos y traducciones,

“Construyó Almanzor en su patio el aljibe de enorme capacidad...” (Idhari, 1312, 287-288 & 479 traducción).

“Hizo también aljibes para almacenar el agua de lluvia bajo el patio de la mezquita mencionada. Estas construcciones fueron realizadas con una gran perfección” (Molina, 1983, 44).

“Todo esto se terminó de construir en el año 390 (999-1000)” (Molina, 1983, 46).

En el año 967 d.C. un gran canal de piedra con plomo fue construido, o más probablemente reconstruido y extendido, para llevar agua desde las montañas al Noroeste de Córdoba. El agua fluía en los canales de irrigación de la Mezquita y las salas de abluciones al este y oeste y el Patio de los Naranjos contaba con al menos dos fuentes. En el año 991-992 d.C. una gran cisterna fue excavada en el Patio de los Naranjos, la cisterna era del tipo clásico en Andalucía con nueve salas cuadradas abovedadas (Blair, S, et al., 2009).

Tras la reconquista de la ciudad de Córdoba en 1236 por las tropas del Rey Fernando III el Santo, la Mezquita sería consagrada como Iglesia. Convirtiéndose en 1239 en Catedral de la ciudad y dedicada a la Virgen María.

En el siglo XVI Ambrosio de Morales describe el aljibe (Morales 1575, 58-59),

"Tiene el patio otra extrañeza, de las muy celebradas en los mas maravillosos edificios que ha auido en el mundo: y es, que estando hueco por debaxo por una grandísima cisterna que tiene de bóveda, armada por grandes columnas, queda buerto pensil lo de arriba con gruesísimos naranjos, y cipreses y otros árboles; así que puede entrar casi en competencia de los buertos pensiles de Babilonia, contados por uno de los siete milagros del mundo. En medio del patio está una fuente de muy linda agua que viene de la sierra, y no puede ser del agua que el Moro Rasis dice repartió el Rey Abderramen Tercero para la mezquita ayor, pues veremos luego como aquella ya no viene. Y sin ésta hay otras fuentes en la Iglesia. Algunos piensan que esta cisterna fue mazmorra cara cativos: mas nunca los Moros tuvieron en sus mezquitas, la profanidad de tales prisiones".

Por su parte Ramírez de las Casas Deza proporciona una breve mención del aljibe (Ramírez de las Casas Deza, 1866),

"Estando hueco por debajo con una grandiosa cisterna sostenida por postes que da buerto pensil la parte superior; la fábrica es de los árabes".

"La cisterna tenía la misión de disponer de repuesto de agua en el templo si era necesario que sirviese de fortaleza en tiempo de guerra".

II) Antecedentes Técnicos

El primer proyecto del que tenemos documentación es el ejecutado por el arquitecto José M^a Rodríguez Cano en el año 1933. El proyecto pretendía utilizar el aljibe como depósito de agua para la extinción de incendios en la Catedral. El proyecto se llevó a cabo, ya que aún quedan restos del mismo en el interior del aljibe, figura 5.1, 5.2.

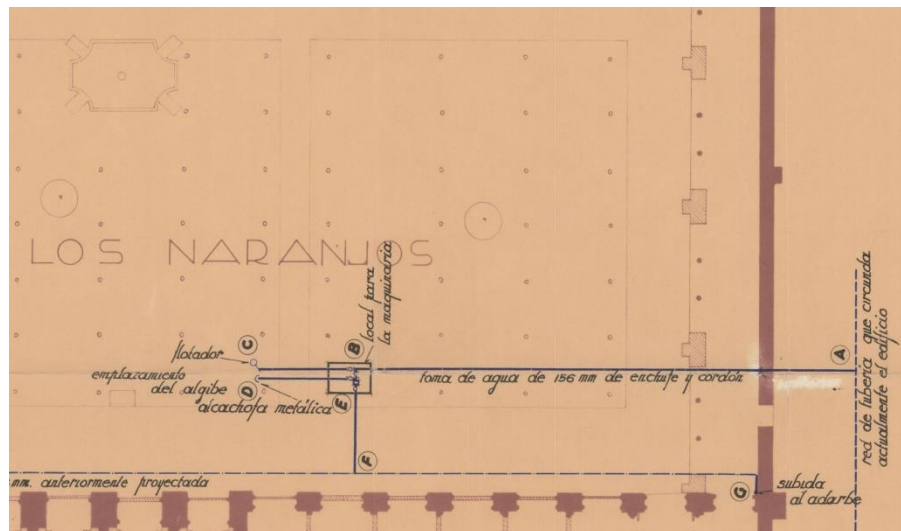


Figura 5.1. Plano del proyecto de Rodríguez Cano para extinción de incendios. Archivo General de la Administración (1933_31_04828_003).

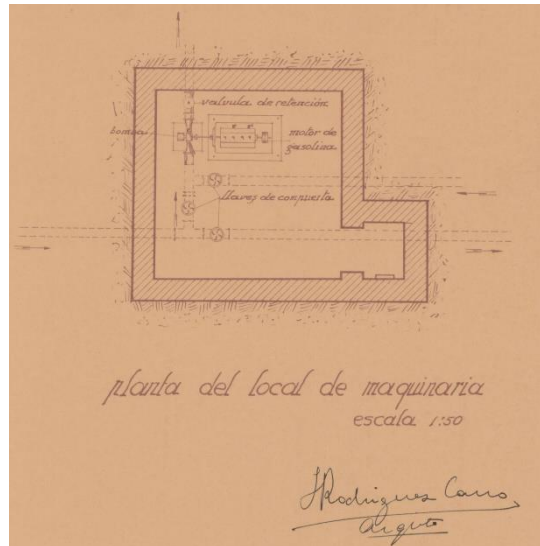


Figura 5.2. Plano de maquinaria del proyecto de Rodríguez Cano para extinción de incendios. Archivo General de la Administración (1933_31_04828_004).

El primer plano de planta en el que aparece dibujado el aljibe es el realizado por Gómez Moreno (Gómez Moreno, 1951), figura 5.3. En él aparece dibujada la planta del aljibe y ubicado correctamente en el Patio de los Naranjos, aunque sin dibujar las posibles entradas y salidas de agua.

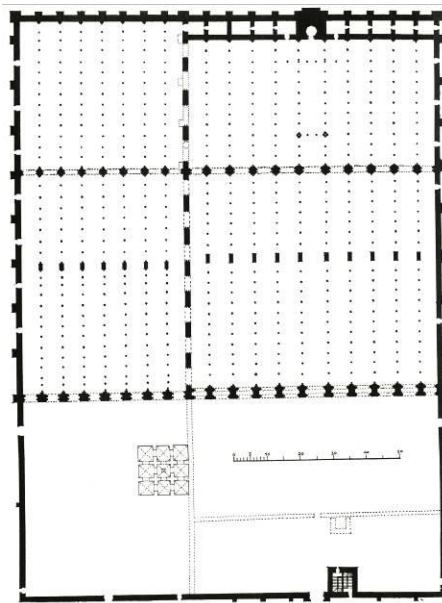


Figura 5.3. Plano de la Mezquita con la ubicación del Aljibe según (Gómez Moreno, 1951).

El segundo plano es el realizado en el año 1961 por la Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. (EMACSA) y recopilado por (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992). En él aparece como depósito de agua para la red antiincendios de la Catedral de Córdoba, posteriormente éste uso fue suprimido y actualmente el aljibe se encuentra totalmente seco, figura 5.4.

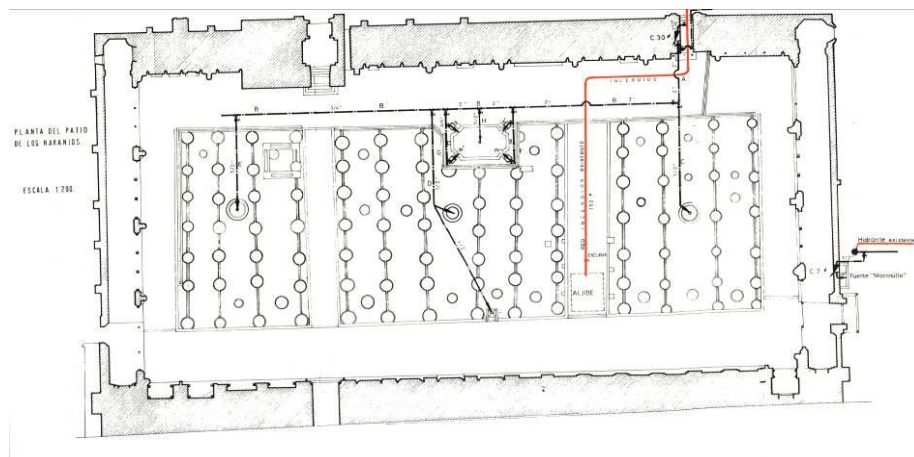


Figura 5.4. Plano con las conducciones del sistema Anti-incendios de EMACSA, 1961.

Por último y quizás el más significativo de todos los planos es el realizado por el arquitecto conservador de la Catedral de Córdoba Gabriel Ruiz Cabrero en 1981, (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvear, 1992). Este plano muestra la planta del aljibe y también su alzado de forma simplificada con un pequeño dibujo en su parte superior en el que aparece el canónigo archivero de la catedral disponiéndose a descender, figura 5.5. Aunque al igual que el resto de planos, tampoco indica la entrada y salida de agua.

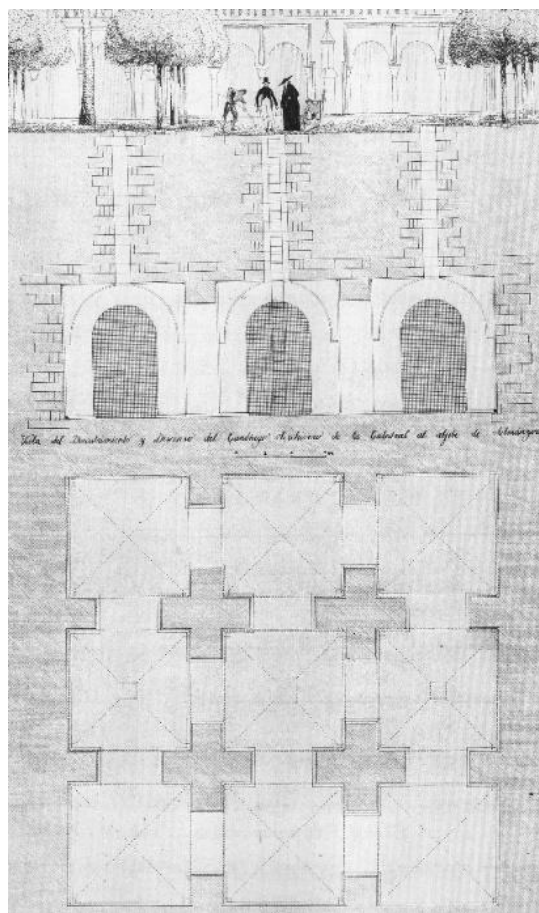


Figura 5.5. Dibujo del aljibe en planta y sección por el arquitecto Gabriel Ruiz Cabrero, 1981.

3.5.2. Metodología

El Conjunto Monumental Mezquita Catedral es un templo único en el mundo, por ello, desde el Cabildo de la Catedral de Córdoba se consideró importante establecer una documentación precisa y actualizada, con la última tecnología disponible para tal fin.

El uso de las metodologías tridimensionales y en particular de la fotogrametría basada en Structured from Motion (SFM), nos permite comprobar mediciones con precisión, realizar trabajos multimedia para mejorar la experiencia del visitante, preparar y documentar las restauraciones y realizar reproducciones mediante el uso de impresoras 3D.

El Plan Director de la Catedral de Santa María, Vitoria-Gasteiz (Azkarate, et al., 1999) es muestra de los precisos resultados obtenidos, durante la restauración de dicha Catedral, haciendo uso de las últimas tecnologías. Aunque algunos autores siguen haciendo uso del modelado tradicional en la reconstrucción de sus emplazamientos arqueológicos y monumentos, se está comenzando ya a hacer un apoyo a éste mediante fotogrametría (Fornos, 2012).

Actualmente son muchas las reconstrucciones virtuales que se están llevando a cabo en diversos emplazamientos arqueológicos y edificios históricos a lo largo de todo el mundo. El uso del escáner laser para la reproducción y estudio de monumentos, esculturas y excavaciones (Orengo, 2013; Bennett, et al., 2013; Falkingham, et al., 2014), ha sido el eje central de la metodología de trabajo más utilizada, como ya demostraron en su momento (Ahmon, 2004; Rüther, et al., 2009) para la reconstrucción de zonas interiores.

Posteriormente, varios investigadores (Lerma, et al., 2010; Núñez, et al., 2013) demostraron la mejora de las reproducciones y estudios mediante la combinación del láser escáner y las técnicas de fotogrametría terrestre, SFM. Mejorando de ésta forma, la precisión y resolución de los modelos gracias a la implantación de las cámaras digitales de bajo coste, e implementando posteriormente estos modelos en diversos softwares SIG (Sistema de Información Geográfica) (Torre y Benito-Calvo, 2013).

En los últimos años, debido a la mejora de las características de las cámaras de bajo coste y el desarrollo de software dedicado a fotogrametría SFM, se ha permitido comenzar a utilizar esta tecnología de forma independiente. Diversos investigadores han llevado a cabo sus estudios haciendo uso de software libre, como Visual SFM (VisualSFM, 2016) (Wu, 2013; Wu, et al., 2011) o Python Photogrammetry Toolbox GUI 0.1 (PPG) (Arc-Team, 2015), (Green, et al., 2014), mientras que otros autores, (Ducke, et al., 2011; Barazzetti, et al., 2011; Bevan, et al., 2014; Lerma y Muir, 2014) hacen uso del software comercial Agisoft's Photoscan, (Agisoft, 2016). En todas estas investigaciones se ha hecho uso de la técnica de fotogrametría en diversos campos, reconstrucción de monumentos, arqueología, estatuas e incluso pavimentos (Martínez, et al., 2014).

Por último, el abaratamiento de los drones ha permitido el poder realizar vuelos sobre el emplazamiento, obteniendo su modelado tridimensional, y ortofotografías de la excavación con gran precisión (Verhoeven, et al., 2012). Algunos autores incluso hacen uso de fotografías tomadas por vuelos históricos (Pérez Álvarez, et al., 2013), obteniendo muy buenos resultados en sus estudios, lo que demuestra la potencia y robustez de esta tecnología en alza.

Haciendo uso de todo el conocimiento ya existente, se decidió utilizar la tecnología de fotogrametría SFM junto con apoyo topográfico para llevar a cabo la reconstrucción tridimensional del aljibe de Almanzor. Un aljibe único, como ya han descrito algunos autores (Ramírez de las Casas Deza, 1866; Pavon Maldonado, 1990), llegando a compararlo

con la gran cisterna bizantina de la Basílica Majorum, en Cartago, la cual tiene una disposición de nueve salas al igual que el aljibe cordobés.

Una de las ventajas de la fotogrametría, es que adquiridas las imágenes necesarias, se pueden procesar mediante alguno de los muchos softwares dedicados a ello. Por este motivo, el presente estudio se planteó como una prueba más de la precisión de la fotogrametría en entornos hostiles, como es el presente caso. Con interiores con falta de luz, de gran tamaño y con un difícil acceso de instrumental. Además, se hacía necesario realizar el trabajo de reconstrucción de forma rápida y efectiva, debido a su difícil acceso, y encontrarnos limitados por el tiempo que podíamos permanecer en su interior.

Recientemente algunos autores han llevado a cabo investigaciones haciendo uso de software CFD (Computational Fluid Dynamics) para el cálculo de la dispersión y deposición de pequeñas partículas en edificios históricos (Grau-Bové, et al., 2015). Otros hacen uso de software CFD para estudiar los sistemas de ventilación natural de estos edificios (Balocco and Grazzini, 2009). En términos de suministro de agua, el Dr. Riley Snyder trabaja en la reconstrucción del sistema de abastecimiento de agua a la ciudad de Constantinopla (Snyder and Dilayer, 2014), usando software SIG, el sistema “CLAWS” (Constructing the Late Antique Water Supply), y la técnica de modelado Agent-based. Pero hasta ahora, no se ha usado software CFD para estudiar el abastecimiento de agua, canalizaciones de agua y aljibes históricos.

El objetivo principal de este capítulo es contrastar la utilidad del uso de técnicas de fotogrametría SFM frente a técnicas de topografía tradicional en casos de difícil acceso. Como objetivo secundario del capítulo se plantea llevar a cabo una planimetría exacta del aljibe, e identificar las entradas y salidas de agua, así como su capacidad y tiempo de llenado estimado. Haciendo uso para ello, de un software de simulación CFD en el interior del aljibe.

I) Descripción del aljibe

El aljibe, edificado en el siglo X d.C. por Almanzor para la Mezquita aljama de Córdoba, se encuentra ubicado en el Patio de los Naranjos. Son visibles las tres losas que tapan las lumbreras de entrada al mismo. Se encuentra alineado con la sala de abluciones edificada por Hixem I para la Mezquita fundacional, no pudiendo descartar el hecho de que esté reaprovechando el emplazamiento de la canalización de abastecimiento de dicha sala de abluciones (Torres Balbás, 1982; Pizarro Berengena, 2012).

El acceso al interior del aljibe es complicado debido a la única entrada habilitada para ello, figura 5.6. Cuenta con tres lumbreras o conductos verticales, dos de ellas de dimensiones (0.72x0.68 m.), mientras que su entrada central es más grande, (1.15x0.75 m.), y es la que permite un mejor acceso a su interior. Mediante una escalera de mano se desciende al interior del aljibe una profundidad de 10 metros. Éste está construido mediante sillares de piedra calcarenita iguales a los utilizados en la construcción de toda la Mezquita y provenientes de las canteras de Luque (Arjona Castro, 1994), siendo posteriormente enfoscado mediante un mortero hidráulico o “opus signinum” y pintado a la almagra.

Está formado por nueve salas cuadradas, conectadas entre sí mediante arcos de medio punto, los cuales forman pilares cruciformes, y cuyos techos están contruidos mediante bóvedas de arista. Siguiendo el mismo esquema que el aljibe de Marmuyas (Málaga, España) y del aljibe islámico del Palacio de Carlos V en Granada, España (Pavón Maldonado, 1990). Éste método constructivo permite repartir las presiones, tanto hidráulicas como aquellas debido a la tierra sobre el aljibe.



Figura 5.6. Lumbreira central de acceso al Aljibe. Antigua tubería de llenado de EMACSA y canalización de salida.

En su interior encontramos gran cantidad de clavos, algunos de ellos en el suelo. Estos clavos fueron utilizados para darle una mayor sujeción y consistencia al mortero hidráulico, y tras la caída del enfoscado en algunos puntos, se pueden observar. No hemos podido calcular con precisión el número utilizado, debido a que, en gran parte, el interior sigue estando enfoscado, pero se observan en torno a un millar de clavos.

Se ha hallado también restos de polvo de hueso en el suelo, figura 5.7, ya que durante las obras y restauraciones llevadas a cabo por el arquitecto conservador Ricardo Velázquez Bosco a primeros del siglo XX, aparecieron en el interior de la Mezquita-Catedral gran cantidad de enterramientos sin nombre, los cuales, durante las obras, fueron depositados en el interior del aljibe. Posteriormente, serían trasladados y enterrados en su lugar definitivo (Nieto Cumplido 2007).



Figura 5.7. Restos de huesos sobre la capa de barro que cubre el suelo del aljibe.

Durante su exploración se encontraron 3 canalizaciones de entrada, construidas con sillares, además de 2 tuberías y una boya, figura 5.8. En cuanto a las canalizaciones de piedra, el aljibe contaba con una salida de agua en su conducto central y dos canalizaciones de entrada

en el conducto occidental. La canalización de salida se encontraría conectada con la canalización o atarjea principal del patio, la cual recogía toda el agua vertida por los tejados y la expulsaban a la red de alcantarillado principal.



Figura 5.8. Lumbrera central y boya para detener el llenado del aljibe.



Video 1.

Canalización Norte

Aunque, debido a que se encuentra a 2.10 metros de profundidad aún no se ha podido documentar con precisión la conexión entre la canalización del aljibe y la canalización principal de desagüe. Tiene esta canalización una altura de 70 cm y una anchura de 25 cm, dando un área máxima de 0.175 m^2 , y que funcionaba como rebosadero del aljibe, figura 5.6. Esta canalización, puede ser parte de la canalización que alimentaba la sala de abluciones construida por Hixem I para la Mezquita (Pizarro Berengena, 2012).

Las otras dos canalizaciones de entrada halladas, se ubican en la lumbrera occidental. La primera de ellas tiene unas dimensiones de $0.20 \times 0.20 \text{ m}$ aproximadamente, se encuentra a una profundidad de 1.30 metros y tiene dirección Norte. Durante la inspección se ha podido comprobar que sus laterales se encuentran realizados con ladrillo, mientras que tanto la parte superior como la inferior son de piedra, posiblemente debido a una reparación de los laterales de la conducción en época posterior.

La segunda canalización hallada en la misma lumbrera tiene también unas dimensiones de $0.20 \times 0.20 \text{ m}$ y se encuentra a una profundidad de 1,50 metros, en este caso la canalización tiene dirección Oeste. Ésta canalización está realizada en piedra en su totalidad hasta el punto que hemos podido explorar. Para la realización de estas inspecciones se utilizó una cámara endoscópica PCE-DE 25 con cable flexible de 3 metros de longitud y un diámetro de 10 mm, además de un foco de luz para iluminar el interior de las canalizaciones. Los videos 1 y 2 fueron obtenidos durante la inspección y en ellos pueden observarse ambas canalizaciones.

La canalización Norte hace un pequeño quiebro y se dirige hacia la fuente de Santa María, la fuente principal del Patio de los Naranjos. Mientras que la canalización Oeste forma un ángulo tal, que tiene dirección hacia la fuente del Cinamomo. Estas canalizaciones debido

a su cota, -1,30 y -1,50 metros, debieron ser las conducciones de llenado del aljibe en algún momento, mientras que la canalización más grande, la ubicada en la lumbrera central debió de ser el rebosadero del aljibe. Esto nos lo indica el que se encuentra en primer lugar a una cota más baja, y en segundo lugar a que es el conducto con más sección de los encontrados, siendo necesario que el rebosadero pueda evacuar a un ritmo superior al de llenado con el fin de evitar desbordamientos.



Video 2.
Canalización Oeste

De las tres canalizaciones tan sólo podemos identificar como original la ubicada en la lumbrera central, mientras que las dos conducciones de entrada pueden ser canales reaprovechados de época islámica y puestos en funcionamiento de nuevo en época cristiana. Ésta es la única solución posible si el aljibe tenía una conducción de entrada y otra de salida o rebosadero, algo necesario si se quería evitar un desbordamiento del mismo.

Aunque las canalizaciones están dirigidas hacia las actuales fuentes del Patio de los Naranjos, se debe tener en cuenta que en época islámica se conoce que existían fuentes en el Patio, que bien pudieron encontrarse en la ubicación de las actuales.

Además, y según parece, el aljibe se llenaría con el remanente del qanat de la mezquita, construido por el califa al-Hakam II y que conducía agua desde la Sierra de Córdoba hasta la Aljama.

Durante la exploración de las dos lumbreras laterales también se han encontrado los restos de dos brocales de pozo de cerámica y ubicados a 0.71 m de profundidad. Siendo un recrecido de ladrillo posterior, (época cristiana), la diferencia de cota entre el pavimento del Patio de los Naranjos y el brocal de pozo. En la figura 5.9, además del brocal de pozo encontrado, se pueden observar las dos canalizaciones de llenado del aljibe. La Figura 5.10 muestra el brocal de pozo desde el interior del aljibe.



Figura 5.9. Lumbrera oeste, restos del brocal de pozo cerámico. Debajo, las dos canalizaciones de llenado.



Figura 5.10. Lumbrera oriental desde el interior. Se puede observar el brocal de pozo cerámico.

II) Condiciones y Problemática

El primer problema que se debió solventar fue la bajada hasta su interior del instrumental para documentar el aljibe. Debido a la complejidad de la bajada, tan sólo pudimos introducir en su interior un foco, para iluminar y ayudarnos en la toma de fotografías. El foco utilizado es un Walimex Pro LED 500 con 800 Lux a 2 metros de distancia y una temperatura de color de 6900 Kelvin, el foco fue montado en un trípode Mantona Dolomite a una altura de 130 cm, usamos también una cámara Nikon D3200 y una estación de topografía TOPCON GTS 226 con su correspondiente trípode.

Además de esto, nos encontramos con que el fondo del aljibe, debido a la humedad existente en su interior, tenía una capa de uno o dos centímetros de limo, dificultando la toma de fotografías, y el estacionamiento de la estación topográfica. Para comprobar la fiabilidad de la técnica de fotogrametría en entornos con condiciones difíciles, como es el caso en estudio, decidimos comprobar su precisión mediante la toma de puntos de control con una estación total.

Para solventar la falta de luz en el interior, se reubicó el foco de luz conforme se realizaron las fotografías de cada una de las salas, evitando en todo momento sombras que pudieran introducir errores en el posterior procesamiento, figura 5.11.



Figura 5.11. Dr. Rafael E. Hidalgo Fernández moviendo el foco durante el proceso de toma de datos.

III) Fotogrametría SFM

Para hacer uso de la técnica de fotogrametría basada en Structured from Motion se tomaron un total de 940 fotografías con una cámara Nikon D3200 con 24,2 Mpxels, la cual porta un sensor CMOS de 23,2 mm x 15,4 mm. Como objetivo se escogió un AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR, (Nikon, 2016), fijando en 24mm la distancia focal. Ésta distancia focal nos evita tener que hacer un mayor número de fotografías para cada una de las salas, obteniendo una media de cien fotografías por sala.



Video 3.
Toma de fotografías

Todas las fotografías fueron tomadas respetando un solape mínimo del 60% y con una variación entre fotografías de 15° aproximadamente. Como puede verse en el video 3 en la toma de fotografías de una de las salas. Para una mejor sectorización del trabajo y posterior procesamiento se decidió separar la toma de datos en nueve módulos, un módulo para cada una de las salas del aljibe, solapando siempre fotografías con las salas adyacentes para una posterior unión de todo el conjunto.

Una de las características más importantes de la fotogrametría, es que una vez adquiridas las fotografías, podemos restituir el objeto con distintos softwares, en distintos momentos de tiempo, conservando siempre la información en bruto.

Manteniendo esa información de forma que podamos mejorar la documentación conforme el software y los equipos informáticos aumenten su calidad o precisión.

IV) Toma de puntos de control



<https://goo.gl/dsp7hy>
Exterior Aljibe 3D

Una vez tomadas las fotografías necesarias se llevó a cabo un levantamiento topográfico mediante una estación TOPCON GTS 226. Aunque es un modelo antiguo, nos ha demostrado gran precisión en la toma de datos en trabajos anteriores y por eso fue elegida para este trabajo.

Para la toma de puntos hicieron falta un total de diez estacionamientos en el interior del aljibe y 2 estacionamientos más en el exterior del mismo, para poder geo-referenciarlo posteriormente en un software SIG. En total se llevó a cabo un levantamiento topográfico con un total de 500 puntos que nos servirían posteriormente para comprobar la precisión de la reconstrucción y referenciarla correctamente en el espacio.

V) Procesado mediante software fotogramétrico

Para el procesamiento de las 940 fotografías se utilizaron distintos softwares disponibles en el mercado. Para el cálculo de las nubes de puntos, dispersa y densa, mallado y posterior texturizado nos decantamos por el software comercial Agisoft Photoscan (AP), en su versión Standard Edition (Agisoft, 2016), posteriormente tratamos la malla resultante mediante Meshlab (Meshlab, 2016) y Cloud Compare (Girardeau-Montaut, 2016), ambos softwares libres. Decidimos trabajar con Agisoft Photoscan debido a la estabilidad y precisión que ya nos ha demostrado en algún estudio de menor tamaño, Capítulo 3.4.

El trabajo fue dividido en nueve partes para poder procesarlo de forma más rápida y eficaz. Para ello, mediante Photoscan se trabajó con diferentes ficheros, los cuales se exportaron en formato .obj. El tiempo total de procesamiento mediante Photoscan para cada una de las salas fue de una hora, siendo el procesamiento total de nueve horas aproximadamente. Éste procesamiento se llevó a cabo en un equipo informático con un procesador E5-1620v2 3,7 GHz, 32 Gb DDR3, 1x NVIDIA Quadro Kepler K4000 3Gb GDDR5. Una vez exportadas cada una de las partes y mediante el uso del software Meshlab, se unieron entre sí. Siendo posteriormente escalado y referenciado mediante los puntos de control con el software Cloud Compare. Éste proceso se muestra en la figura 5.12, figura 5.13, figura 5.14.



<https://goo.gl/3vMR1S>

Interior Aljibe 3D



Figura 5.12. Nube de puntos dispersa calculada en el software Agisoft Photoscan.

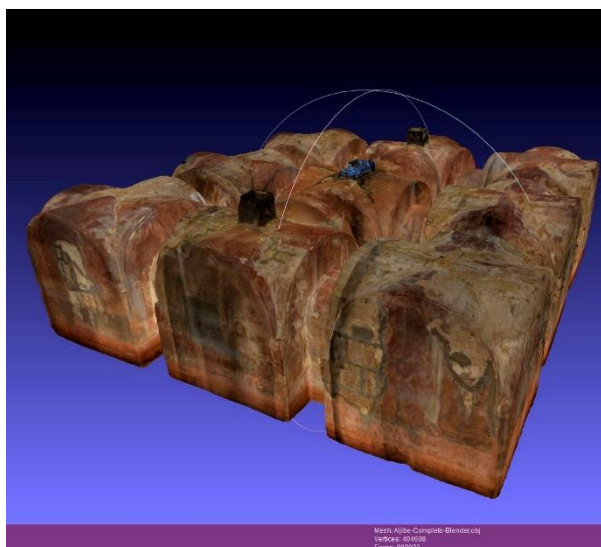


Figura 5.13. Tratamiento de la malla con el software Meshlab.



<https://goo.gl/z27fkf>

Sección del Aljibe 3D

El modelo tridimensional definitivo del aljibe está formado por una nube de puntos dispersa de 4,5 millones de puntos, mientras que la nube de puntos densa contiene 14,7 millones de puntos y un total de 3 millones de caras en su malla. Se ha realizado además un modelo con una resolución menor, 30.000 caras, para su uso futuro en Realidad Aumentada. Uniendo de esta forma el trabajo técnico y la difusión del mismo para el turismo.

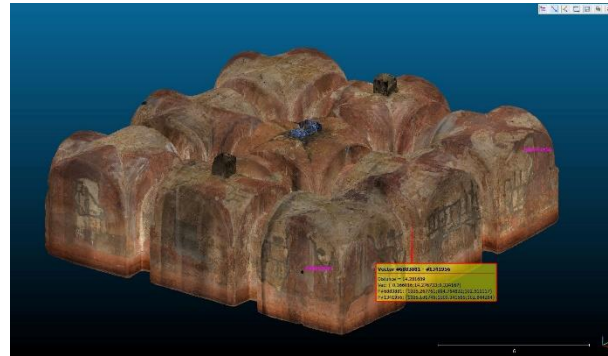


Figura 5.14. Escalado y comprobación de medidas con el software Cloud Compare.



Video interior Aljibe

Para el estudio de la capacidad, tiempo de llenado y para llevar a cabo una simulación de fluido, hicimos uso del software Autodesk CFD Simulation con una licencia educativa (Autodesk, 2016). Este software permite llevar a cabo simulaciones de fluidos importando modelos tridimensionales. En nuestro caso, hicimos una simulación de agua teniendo en consideración las dos canalizaciones de entrada, su tamaño, su velocidad y la canalización de salida con presión atmosférica.

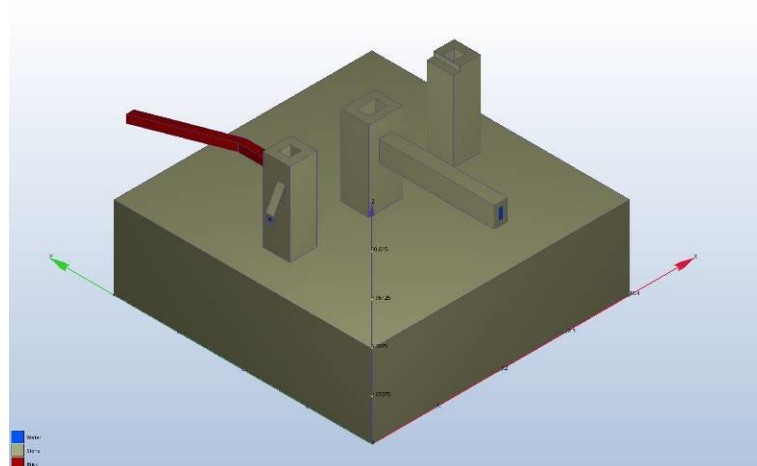


Figura 5.15. Modelo 3D CAD del aljibe en el software CFD Simulation.

Para la simulación hemos tenido en cuenta que una de las canalizaciones de entrada es de ladrillo, mientras que el resto son de piedra. El modelo tridimensional utilizado en el estudio ha sido llevado a cabo con el software de Siemens Solid Edge ST9, (Siemens, 2016). El modelo es exacto al creado con Agisoft Photoscan. El modelo fue exportado desde Solid Edge en formato Parasolid e importado directamente en Autodesk CFD Simulation.

3.5.3. Resultados y Discusión

Una vez obtenido y procesado completamente el modelo procederemos a estudiar su precisión con respecto a los puntos tomados con la estación total de topografía (metodología tradicional).

I) Precisión y calidad del modelo tridimensional obtenido

La densidad de la nube de puntos generada es constante a lo largo de todo el modelo y la precisión obtenida en este trabajo teniendo en cuenta las malas condiciones y la complejidad del mismo, es suficiente para realizar mediciones con precisión.

El error cuadrático medio obtenido entre la nube de puntos generada en Photoscan y los puntos de control tomados con la estación topográfica es de 3.1 cm, Ecuación 1. Se debe tener en consideración, que la medición de la estación total tiene un error de entre 3 y 5 mm, error que se añade o resta al de la restitución según el caso.

$$Error = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(X_{i,est} - X_{i,in})^2 + (Y_{i,est} - Y_{i,in})^2 + (Z_{i,est} - Z_{i,in})^2]}{n}} \quad (1)$$

La textura generada mediante el software Agisoft Photoscan nos muestra con precisión la ubicación de los clavos y firmas, figura 5.16. Aunque gran cantidad de clavos se encuentran actualmente cubiertos por el enlucido, se pueden observar más de mil clavos en sus paredes y bóvedas. En cuanto a las firmas, han sido documentadas varias de 1928, dejadas allí por los trabajadores que hicieron algunas restauraciones en su interior. La firma más reciente está fechada en 1995. En un edificio como la Mezquita-Catedral de Córdoba este tipo de firmas dejadas por los trabajadores siempre en sitios no visibles y de pequeño tamaño ayudan a los futuros investigadores y arquitectos a saber cuándo, y en ocasiones porque, se hicieron obras en esa zona.



Figura 5.16. Muestra de las firmas existentes en el interior del aljibe.

Debido al uso de un único punto de luz, y controlando su ubicación para evitar sombras, no se ha obtenido ninguna diferencia de color en la textura generada, a excepción del suelo y la capa de limo existente en él.

En el procesamiento llevado a cabo se hizo uso de máscaras, para evitar zonas oscuras que introdujesen error en nuestro modelo. Esto aumentó el tiempo de trabajo, pero en emplazamientos donde hay malas condiciones de iluminación es imprescindible revisar todas las fotografías y procesarlas previamente. No obstante, se han obtenido zonas oscuras en algunas partes del pavimento, debido principalmente a la posición de la estación total y del foco de iluminación. Además, en la habitación central hay algún problema de textura debido a la ubicación de la escalera de entrada y salida.

II) Planimetría del aljibe

El aljibe tiene una planta cuadrada con nueve naves con pilares cruciformes. La figura 5.17 muestra la planta del aljibe seccionado por seis planos ortogonales entre sí, que coinciden con los puntos medios de las naves que lo conforman. En la figura 5.18 se muestran los alzados de las seis secciones representadas en la figura anterior. Teniendo en cuenta que los pilares no son exactamente iguales, se observan ligeras diferencias de tamaño entre salas.

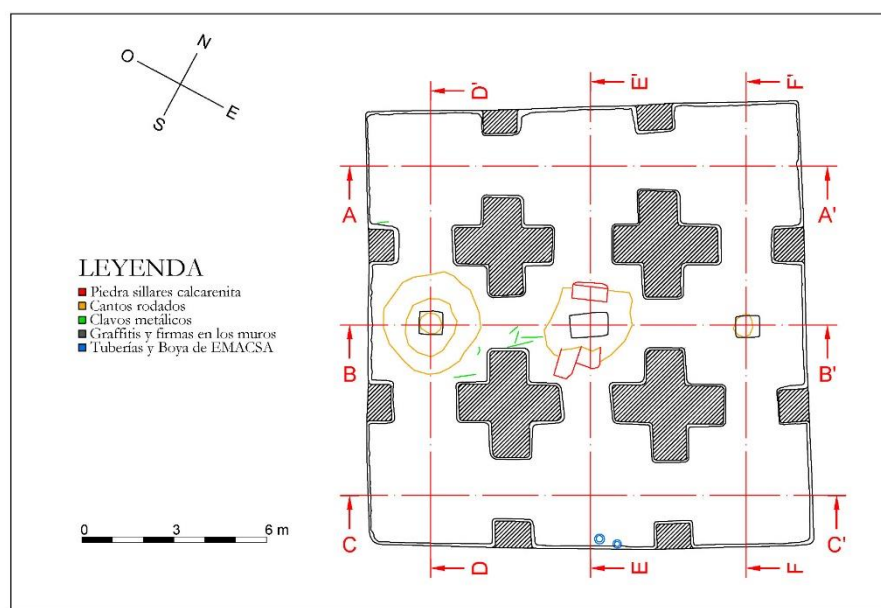


Figura 5.17. Plano de planta obtenido a partir de fotogrametría.



<https://goo.gl/xzs4av>
Modelado 3D Solid Edge

La distancia entre los muros extremos tiene un valor medio de 14.29 m con una desviación media de 0.11 m. La altura hasta la clave de cada una de las bóvedas es de 4,51 m con una desviación media de 0.073 m. Cada uno de los arcos de medio punto tiene una altura de 3,59 m con una desviación media de 0.17 m, teniendo un vano de 2,06 m con una desviación media de 0.18 m y un ancho de 1.15 m con una desviación media de 0.07 m. Cuenta además con bocales hidráulicos en todas sus esquinas, para evitar fugas a través de las juntas y facilitar la limpieza. En el Anexo IV se han incluido todos los planos del aljibe.

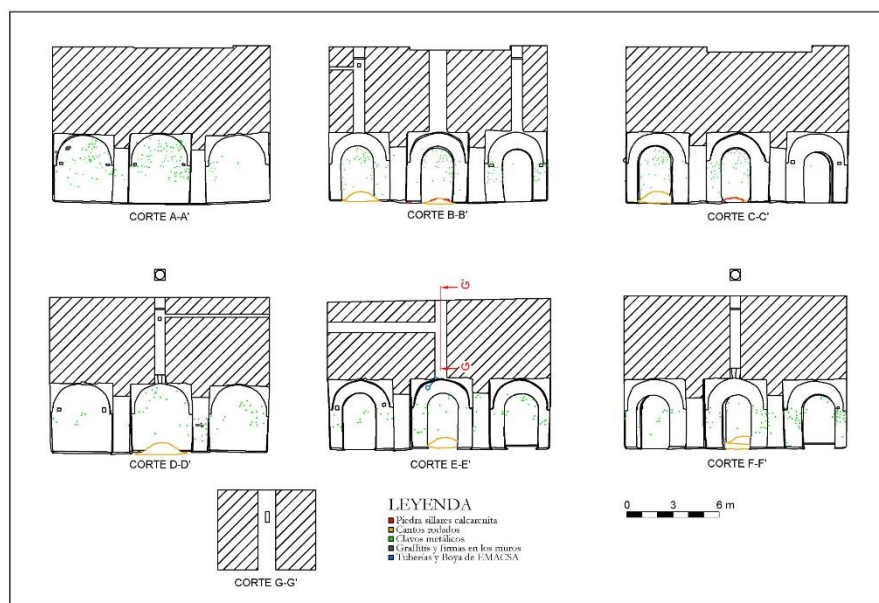


Figura 5.18. Planos de los alzados obtenidos a partir de fotogrametría.

Capacidad del aljibe

Una vez obtenido el modelo tridimensional se ha calculado su capacidad, obteniendo un volumen de 700 m^3 tal y como ya afirmaba en su libro (Nieto Cumplido, 2007) y no los 390 m^3 a los que alude (Pavon Maldonado, 1990) ni los 1000 m^3 de (Pizarro Berengena, 2012). Dando por tanto una capacidad de 700 mil litros de agua. Este valor ha sido calculado haciendo uso del modelo generado en Solid Edge, creando la superficie del agua hasta el nivel de rebosadero.

Las dos canalizaciones de llenado, azul en la figura 5.19, ubicadas en las lumbreras Oeste estarían conectadas con las aguas del cabildo a través de la fuente de Santa María y la fuente del Cinamomo. Mientras que la canalización ubicada en la lumbrera principal, se encontraría conectada con un sistema de desagüe, rojo en la misma figura, dirección Sur, posiblemente el mismo usado para recoger el agua de lluvia vertida desde el tejado al Patio de los Naranjos.

En la figura 5.20 se muestra la distribución en la Catedral de las aguas del Cabildo en el siglo XVIII, (Castaño Hinojo, 1978). En color rojo ha sido destacada la canalización principal de agua que abastecía a la Catedral desde el siglo X. En color azul se ha marcado la localización de las dos fuentes, la fuente de Santa María y la fuente del Cinamomo. Por último, en color verde tenemos la ubicación del aljibe. En el siglo XVIII el aljibe ya no se encontraba en uso, y las dos canalizaciones encontradas no aparecen en el dibujo. Probablemente debido a que, al no estar en uso, no se conociese su existencia, o bien, no las consideró el autor lo suficientemente importantes.

Con los datos obtenidos, podemos estimar el tiempo de llenado del aljibe de forma aproximada. En primer lugar, sabemos que las dos canalizaciones de entrada de agua eran los rebosaderos de las dos fuentes, la fuente de Santa María y la fuente del Cinamomo. En segundo lugar, hemos encontrado un brocal de pozo figura 5.9, por tanto, la presión del agua en ese punto es de 1 atm (Presión Atmosférica). Como los dos extremos de las canalizaciones estaban abiertos, podemos asumir que la conducción estaba completamente abierta para llevar a cabo los cálculos de caudal.

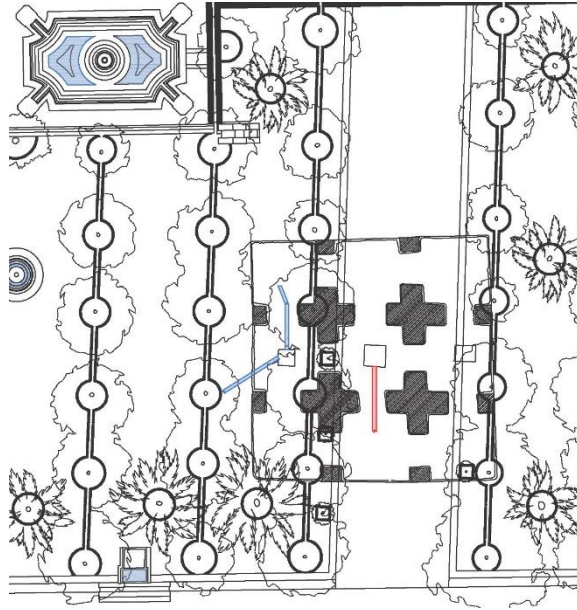


Figura 5.19. Localización del aljibe y de sus canalizaciones de llenado y vaciado.

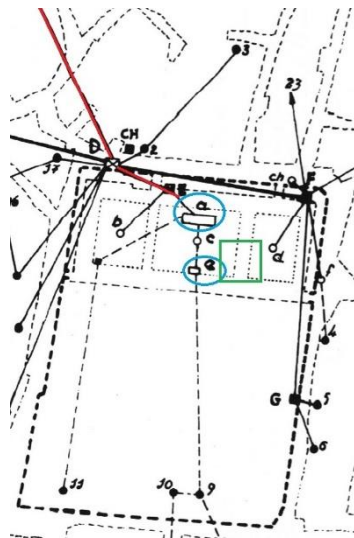


Figura 5.20. Distribución de agua en la Catedral durante el siglo XVIII. (Castaño Hinojo, 1978)

Para estimar el tiempo de llenado llevaré a cabo dos cálculos. El primero será teniendo como premisa que la sección del canal transporte 2/3 de agua. En el segundo cálculo, partiremos de la premisa que solo 1/3 del canal tiene agua. Usando las siguientes ecuaciones, siendo las variables “a” y “b” la anchura y altura de las canalizaciones de entrada.

Área Mojada

$$W_a = \frac{2}{3} \cdot a \cdot b \quad (2)$$

Perímetro Mojado

$$W_p = 2 \cdot \left[\frac{2}{3} \cdot a \right] + b \quad (3)$$

Radio Hidráulico

$$H_r = \frac{W_a}{W_p} \quad (4)$$

Constantes

Coeficiente de Manning (m_c) = 0.032

Pendiente (p) = 0.01 (1%)

Capacidad del aljibe (C_a) = 700 m³

Caudal

$$Q = \left(\frac{1}{m_c} \right) \cdot \left[\frac{W_a \cdot \sqrt[3]{W_a^2}}{\sqrt[3]{W_p^2}} \right] \cdot \sqrt[2]{p} \quad (5)$$

Tiempo de llenado

$$F_t = \frac{Q}{C_a} \quad (6)$$

Con el software CFD Simulation hemos llevado a cabo una simulación, teniendo en consideración en primer lugar los materiales con los que el aljibe fue construido. En segundo lugar, hemos puesto como condición en las canalizaciones de entrada, la velocidad obtenida a través de las ecuaciones (2-6), y finalmente, hemos puesto presión atmosférica en la canalización de salida ya que se encontraría al aire libre.

En la figura 5.21 y figura 5.22 se muestran los resultados obtenidos en la simulación. Como puede observarse, el agua entra a través de las canalizaciones de llenado a una velocidad de 0,46 m/s por cada una de ellas. Mientras que, en su unión en el conducto vertical, alcanza una velocidad de 0,9 m/s. El agua se distribuye en el interior de la cisterna y vuelve a coger velocidad cuando llega a la canalización de salida, una velocidad menor que la de entrada, ya que tiene un área mayor.

De acuerdo con los cálculos llevados a cabo, estimamos que el tiempo de llenado estaría comprendido entre 10 y 25 horas, empezando en ese momento a rebosar a través de la canalización sur. Ésta circulación del agua previene el estancamiento en el interior del aljibe, y por tanto la corrosión del agua. Antes de llevar a cabo este análisis, diversos investigadores creían que el aljibe recibía el agua a través de la canalización sur y que dicha agua procedía del agua de lluvia recogida por los tejados de la mezquita (Nieto Cumplido, 2007; Pizarro Berengena, 2012).

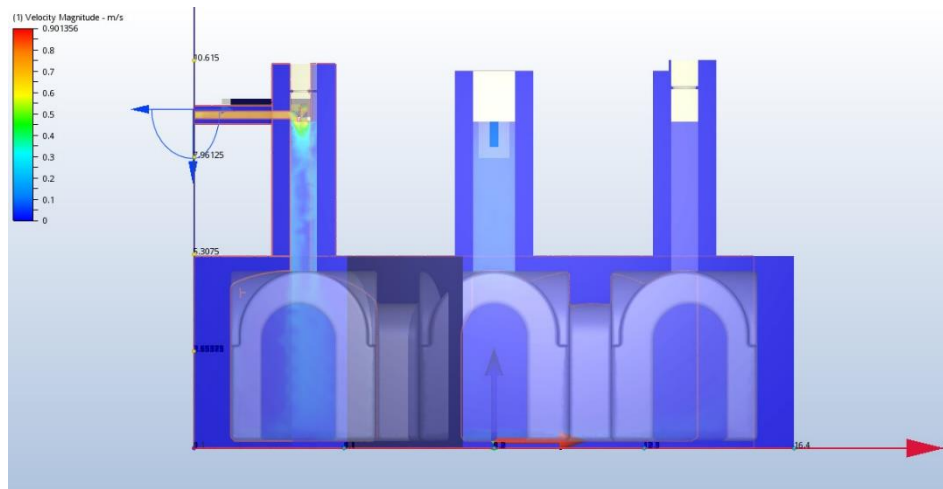


Figura 5.21. Sección Oeste-Este del aljibe con el Software CFD Simulation. Velocidad del agua.

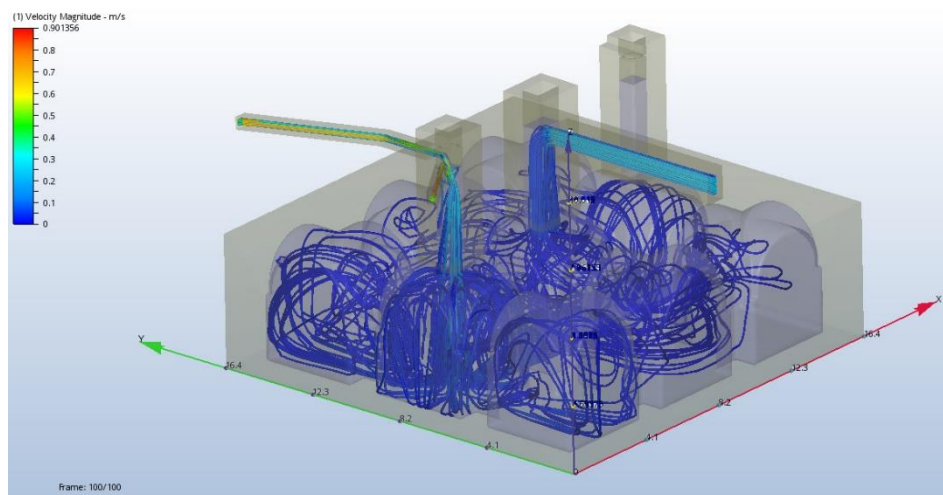


Figura 5.22. Perspectiva del aljibe. Velocidad en las canalizaciones de entrada y salida y distribución del agua.

Esta hipótesis tiene varios problemas, el primero de ellos es la falta de canalización de desagüe en caso de lluvias torrenciales. En cuyo caso, no hay forma de que el aljibe no rebose. El segundo problema es el estancamiento del aljibe produciendo la corrosión del agua. Por último, el aljibe está ubicado en Córdoba, una ciudad en la cual apenas hay precipitaciones entre los meses de junio y mediados de septiembre, figura 5.23, meses más calurosos y con un mayor consumo de agua. Después de haber llevado a cabo este estudio podemos rechazar firmemente las hipótesis anteriores.

Ind. climatológico: 5402 - Altitud (m): 90
Latitud: 37° 50' 56" N - Longitud: 4° 50' 48" O -
Posición: Ver localización

Córdoba Aeropuerto. Precipitación (mm)

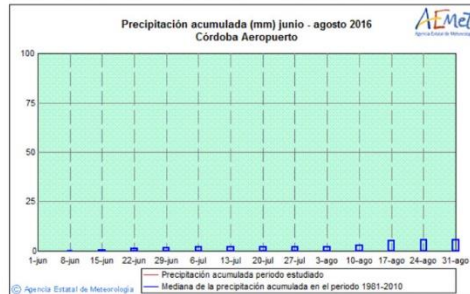


Figura 5.23. Gráfica de precipitaciones en mm en Córdoba durante el verano de 2016. AEMET

3.5.4. Conclusiones

Tras el análisis del modelo tridimensional del aljibe de Almanzor, podemos asegurar en primer lugar, que el uso de la técnica de fotogrametría (SFM) junto con el apoyo topográfico de una estación total en grandes áreas y con malas condiciones ambientales es factible. Obteniendo una buena precisión en el trabajo en poco tiempo, y de forma económica. Aunque se debe tener en cuenta, que en todo momento las fotografías sean tomadas con las mejores condiciones posibles, y realizar un procesamiento previo de las mismas antes de introducirlas en un software de fotogrametría. A fin de corregir errores, enmascarar posibles zonas oscuras, u objetos que no deseamos en nuestra restitución.

En segundo lugar, permite tener una copia de seguridad del estado actual de todo el aljibe, de esta forma, se puede revisar en un futuro el estado del mismo y compararlo con el actual, pudiendo hacer un seguimiento a lo largo del tiempo de su estado. Desde el Cabildo de la Catedral de Córdoba se está apostando por el uso de las nuevas tecnologías y en especial del uso de la fotogrametría para la documentación rápida, precisa y eficaz de éste monumento arquitectónico. Permitiendo su futura integración en un software SIG gracias a que el modelo se encuentra geo-referenciado.

El análisis ha permitido comprobar que ninguna bóveda del aljibe se ha visto deteriorada o dañada debido al peso de tierra que soportan y la falta de agua en su interior. Aunque, si empiezan a aparecer algunas raíces a través de los sillares, Figura 5.24. Su estructura, con pilares cruciformes y arcos de medio punto, garantiza como se ha confirmado su resistencia y estabilidad.

Por último, se han conseguido determinar los puntos de llenado y vaciado del aljibe, así como su capacidad máxima. Estas nuevas canalizaciones de entrada anulan la hipótesis de un llenado del aljibe a partir del agua de lluvia recogida por las cubiertas de la Mezquita. Siendo llenado con agua proveniente del canal de Sierra Morena. Además, el canal de desagüe está conectado con la canalización principal que recoge el agua de lluvia proveniente de los tejados.

Asimismo, el modelado del aljibe nos ha permitido llevar a cabo una simulación de agua en su interior para estudiar el movimiento del agua, su velocidad de entrada y su velocidad de salida. Así como su capacidad y tiempo de llenado. Este tipo de software es muy útil para estudiar antiguos sistemas de canalizaciones, así como sistemas de ventilación natural en edificios históricos.



Figura 5.24. Raíces atravesando el enfoscado de las bóvedas del aljibe.

CAPÍTULO 3.6. ESTRATIGRAFÍA 3D Y SU DIFUSIÓN



Restos arqueológicos de la excavación realizada en la Puerta-Celosía de la Nave 17,
Mezquita-Catedral de Córdoba.

Capítulo 3.6. Estratigrafía 3D y su Difusión

3.6.1. Introducción

El presente capítulo plantea dos objetivos. En primer lugar, establecer una metodología de trabajo y desarrollo de estudios estratigráficos y paramentales en tres dimensiones para la mejora de los informes, y la documentación de los emplazamientos arqueológicos. Actualmente, los estudios paramentales y estratigráficos que se llevan a cabo en toda obra de restauración o excavación arqueológica se realizan en dos dimensiones, perdiendo parte de la información en dicho proceso. Además, trabajar en dos dimensiones implica trabajar con distintos planos a un mismo tiempo. Uno de los objetivos de la tesis es llevar a cabo un sistema para trabajar en 3D, conllevando esto una pérdida mínima o nula de información, y dejando así un testigo fiable de la excavación para futuros investigadores. Para ello se hará uso de programación en lenguaje Python y el software libre Blender (Blender, 2016), así como de la web Sketchfab para el segundo objetivo (Sketchfab, 2017).

Como segundo objetivo se plantea el aprovechamiento del trabajo científico para la divulgación del patrimonio histórico en museos, exposiciones y dentro del ámbito científico.

La excavación arqueológica es un método destructivo por naturaleza, (Caballero, 2006; De Roo et al., 2016), conllevando la destrucción de la estratigrafía original una vez excavado el sondeo, y por ende, siendo de vital importancia el uso de metodologías de adquisición de datos lo más rápidas y fiables posibles. Una vez excavada un área por el arqueólogo, el registro se pierde y la única información para posteriores análisis es la extraída durante el proceso de excavación.

Carandini expone que excavar es ante todo documentar las relaciones existentes entre contextos, siendo el dibujo arqueológico imprescindible en este proceso, (Carandini, 1997: 18-19). La arqueología sin el dibujo no podría entenderse, no es posible suponer una sin la otra (Caballero, 2006). La rama de la Arqueología ha pasado por diversas fases a lo largo de su historia, según Roskams, de la colección de objetos, a la descripción y al análisis, (Roskams, 2003: 19).

Actualmente, se llevan a cabo con mayor frecuencia levantamientos tridimensionales, haciendo uso de escáner láser o fotogrametría, de las excavaciones o monumentos de nuestro patrimonio. Muchas tecnologías han sido desarrolladas para el uso de la arqueología, pero sin duda la que más ha influido ha sido la aplicación de la fotogrametría a las excavaciones, (Kimball, 2016).

De ambas técnicas han sido publicados numerosos artículos y tesis doctorales como ha ido analizándose durante la presente tesis. Sin embargo, los arqueólogos siguen haciendo uso de ortofotografías extraídas del modelo tridimensional para digitalizar sobre las mismas la estratigrafía de la excavación. Esto, aunque necesario (Kimball, 2016), no es suficiente para evitar cometer errores y tener un perfecto conocimiento del yacimiento arqueológico.

El proceso de dibujar planimétricamente los modelos tridimensionales generados durante la excavación implica una pérdida de información importante e irrecuperable en algunos casos, sobre todo cuando son estudiados posteriormente por otro investigador, el cuál no posee toda la información de la excavación. El trabajo de arqueología actual es detallado y preciso en la recolección de materiales y en la clasificación de UUEE (Unidades

Estratigráficas, la base del sistema de registro arqueológico, (Harris, 1989)), pero carece de una metodología apropiada para su representación planimétrica. Esto es debido a que en ninguna excavación se dibujan todas las unidades estratigráficas en planta o alzado, eligiendo siempre aquellos más representativos de la misma, y de esta forma obviando y destruyendo para siempre parte de la información recopilada.

3.6.1.1. Trabajos Previos en la “Búsqueda de la estratigrafía tridimensional”.

El análisis estratigráfico se realiza siguiendo la metodología arqueológica Harris publicada por Ed Harris (Harris, 1989). El trabajo bidimensional para el análisis estratigráfico conlleva una pérdida de información en todas las excavaciones. Esta pérdida de información se observa fácilmente cuando otro arqueólogo o investigador estudia la excavación una vez terminada. Por lo general, el investigador que vuelve a revisar una excavación tiene menos información que el arqueólogo que llevó a cabo la misma. El principal motivo de esto es que no estuvo presente a lo largo de todo el proceso de excavación. La falta de planos o secciones en muchos de los casos también dificulta la comprensión de un emplazamiento arqueológico.

Aunque durante la excavación cada una de las unidades estratigráficas sea registrada, y puesta en común con sus adyacentes siguiendo la metodología Harris (se apoya, se le apoya, igual a, etc.), esto no se introduce posteriormente en la planimetría ni en los modelos tridimensionales (De Roo et al., 2016). Es cierto, que tras la inclusión en las excavaciones de la metodología Harris, se multiplicaron el número de planos de planta de la excavación (Carandini, 1997: 117), pero nunca llegan a dibujarse todas las unidades debido a la gran cantidad de tiempo y falta de medios para llevar a cabo el proceso completo. Esto es debido principalmente a que mientras se lleva a cabo el dibujo planimétrico de planta, debe detenerse la excavación el tiempo que tarde el dibujante. Si el dibujo es realizado a mano con papel milimetrado puede tardar varias horas o incluso días.

Otra opción es el dibujo de las unidades estratigráficas de forma independiente en hojas transparentes, de forma que puedan ir superponiéndose unas a otras (Spence 1992). Aun así, hasta la llegada de la informática e internet no era práctica la publicación de todos los planos de cada uno de los estratos, teniendo que tomarse la decisión de cuáles publicar, (Carandini, 1997). Como expone Demetrescu (Demetrescu, 2015) la visualización de una excavación en una única imagen 2D es imposible, a no ser que se generen complejos explosionados de las unidades estratigráficas más pequeñas y ocultas. Esto como se analizará, ha sido totalmente superado en la actualidad, no teniendo ningún problema en la publicación digital de todos los planos y modelos tridimensionales de la excavación.

El método estratigráfico Harris comenzó a utilizarse en los años 80 en la arquitectura para la identificación de fases en la construcción de edificios (Parenti, 1985, 1988), naciendo de esta forma la especialización *Arqueología de la Arquitectura*, (*Archeologia della Architettura*, 2, 1997). De esta forma, el edificio en su conjunto es sometido a los principios de la estratigrafía diseñados por Harris, representándose sus muros en alzado como si de cortes arqueológicos se tratase. La lectura estratigráfica de la Catedral de Vitoria (España) (Azkarate, 2002) demuestra que esta metodología de trabajo puede ser usada en grandes y complejos edificios.

Recientemente algunos investigadores han utilizado técnicas de fotogrametría *Structured From Motion* y la lectura estratigráfica en un intento por suplir esa carencia que cada vez se hace más patente. Uno de estos trabajos fue el llevado a cabo por Pierre Drap, (Drap, P., et al. 2012). En este estudio, el equipo de investigadores desarrolló un software que permitía la integración de los dos sistemas, el trabajo tridimensional y la lectura estratigráfica, Figura

6.1. Perdiendo en el proceso la información real de la superficie de cada una de las unidades estratigráficas, ya que generan de nuevo modelos tridimensionales de cada una de ellas mediante un software CAD.



Figura 6.1. Vistas del software desarrollado por el equipo de Pierre Drap para el trabajo estratigráfico 3D. (Drap, P., et al. 2012).

Los investigadores del proyecto “3D-Digging at Catalhöyük”, (Forte et al., 2012) se hicieron las siguientes preguntas, “la excavación es una técnica destructiva, ¿cómo podemos re-analizar y re-interpretar lo que excavamos? ¿cómo simular una excavación arqueológica con toda su estratigrafía? Para ello el equipo diseñó un software en el cual fueron integrando cada una de las unidades estratigráficas tridimensionales generadas mediante un escáner láser. El principal inconveniente de dicha metodología es que obtienen un modelo 2.5 SIG (Sistema de Información Geográfica), ya que en su integración con el software pierden la tridimensionalidad, obteniendo tan solo una perspectiva isométrica de la excavación.

El uso de software SIG ha supuesto un gran avance para los arqueólogos, que han podido abandonar las bases de datos en papel para hacer uso de ordenadores, aumentando su productividad y mejorando sus resultados (Wescott, 2005).

Mediante el software ArcGIS y su módulo ArcScene, es posible la integración de los modelos tridimensionales en un entorno SIG para posteriormente asignarles datos, Figura 6.2 (Kimball, 2016). El principal problema de esta metodología es que ArcGIS trata la malla tridimensional como un único objeto, no pudiendo dividirlo para asignarle datos a las diferentes UUEE. Otra de las limitaciones de ArcScene es que limita a 34 mil polígonos el modelo que puede ser importado, perdiendo calidad los modelos de gran tamaño, (Remondino et al., 2014).

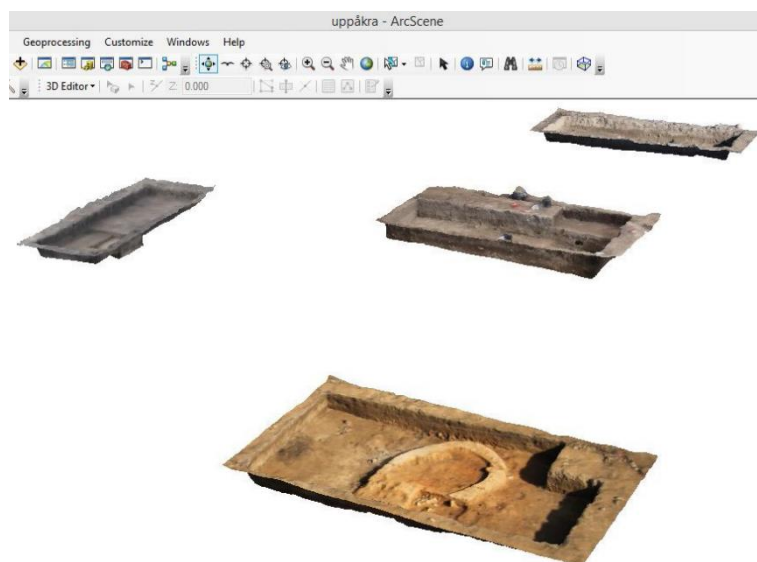


Figura 6.2. Distintos modelos fotogramétricos georreferenciados e insertados en ArcScene (Kimball, 2016).

Este problema a la hora de dividir la malla solo puede solucionarse dibujando sobre la misma los diferentes polígonos, y asignándole datos a los mismos, Figura 6.3. Aunque este procedimiento soluciona parte del problema, al poder ya incluir datos en las diferentes UUEE, pierde gran parte de la información ya que los polígonos siguen siendo elementos bidimensionales, perdiendo la información de la superficie real al igual que le ocurre al procedimiento desarrollado por Drap (Drap, P., et al. 2012).

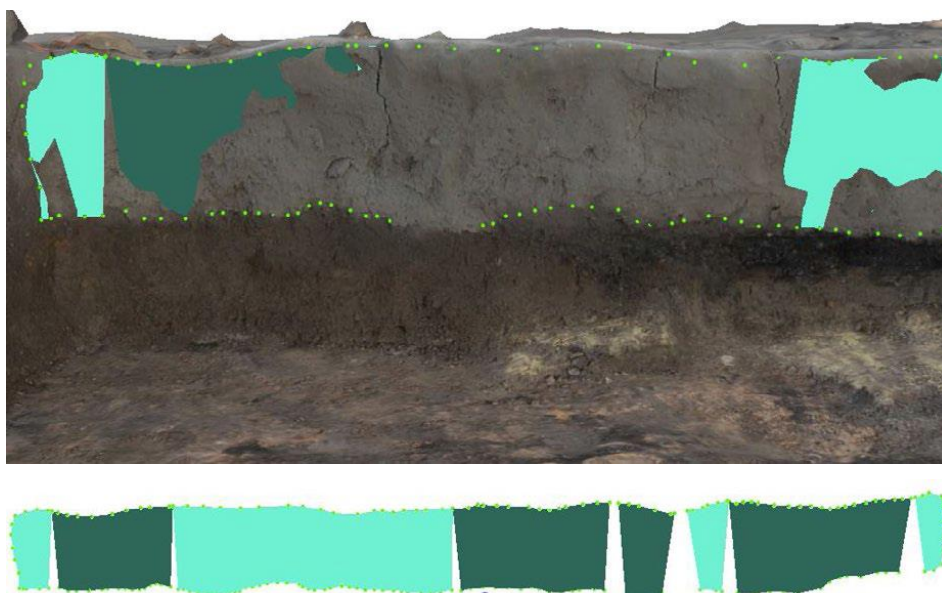


Figura 6.3. Generación de los polígonos en ArcScene y fallos durante su creación (Kimball, 2016).

Dell'Unto resume perfectamente los obstáculos para el uso de modelos tridimensionales en la interpretación arqueológica (Dell'Unto, 2015). i) La falta de competencias técnicas en el manejo del software especializado por parte del arqueólogo, ii) la falta de interdisciplinaridad entre los distintos técnicos, arqueólogos, arquitectos, ingenieros, topógrafos, historiadores y restauradores. iii) Las limitaciones técnicas del hardware y el

software (esta última limitación cada vez menor) y iv) la ausencia de una infraestructura para presentar los resultados de la investigación.

En la búsqueda de una metodología para resolver esta problemática algunos investigadores han generado los modelos tridimensionales haciendo uso de un software CAD a partir de las ortofotografías extraídas de los modelos tridimensionales reales, añadiéndoles posteriormente materiales y datos mediante software BIM, (Achille et al., 2015; Scianna et al., 2015) Figura 6.4.

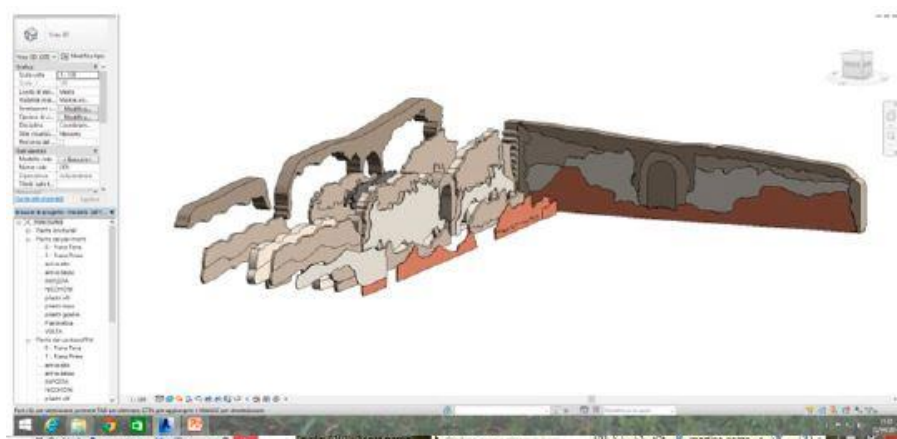


Figura 6.4. Modelo CAD generado a partir de ortofotografía. (Achille et al., 2015).

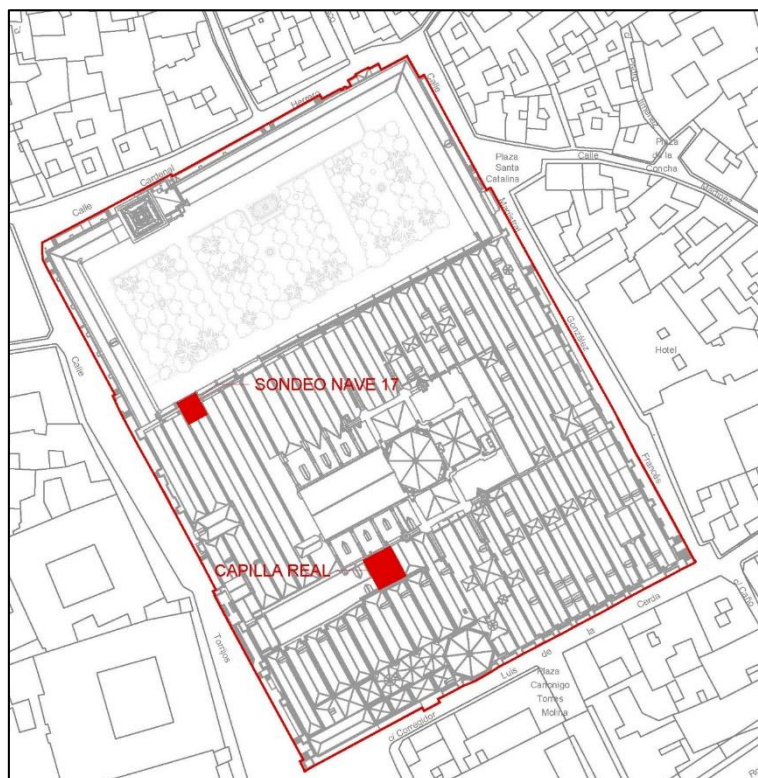
La generación del modelo tridimensional en CAD a partir de ortofotografía conlleva gran cantidad de tiempo, así como una pérdida importante de información al ser sus superficies totalmente lisas (Achille et al., 2015). Esto mismo le ocurre al sistema diseñado por Drap (Drap et al., 2017), el cual pierde la información de la superficie exterior de los muros y debe suponer el espesor de algunos de los sillares. Esto último en función del modelo que se esté representado puede conllevar un mayor o menor error, pero siempre conllevará una pérdida importante de información.

Los primeros trabajos en arqueología y BIM fueron llevados a cabo por Murphy (Murphy et al., 2012) desarrollando HBIM (Historic Building Information Modelling), llegando a desarrollar un plugin para añadir los datos históricos a los softwares BIM. Al igual que en el ámbito de la ingeniería de productos tenemos el PLM (Product Lifecycle Management), en los edificios se ha llegado al BLM (Building Lifecycle Management) gracias al uso de BIM.

Como se ha analizado, aunque se usen gran variedad de herramientas, (SIG; HBIM; Fotogrametría, Escáner Láser, CAD) siempre será necesario el dibujo planimétrico de la excavación, así como de sus cortes o alzados para un mejor entendimiento y publicación de los mismos.

Para el desarrollo de la metodología propuesta en el capítulo se hará uso de dos sectores de la Mezquita-Catedral de Córdoba, documentados recientemente durante los trabajos de restauración y excavación que se llevan a cabo continuamente bajo la financiación del Cabildo de la Catedral.

La elección de ambos sectores no ha sido arbitraria, aunque la misma metodología será aplicada en ambos, la cubierta de Capilla Real será una muestra de su uso en el área *Arqueología de la Arquitectura*, mientras que el sondeo arqueológico pondrá a prueba la metodología durante una excavación de tipo abierta y con zanjas. Ambos sectores se han marcado en la Figura 6.5.



A lo largo del siguiente apartado se irán mostrando alternativamente ambos sectores en cada una de las etapas seguidas para la documentación de los mismos, y su posterior integración en Blender para la lectura estratigráfica en 3D y su difusión.

3.6.2. Metodología y Resultados

3.6.2.1. Toma de datos

I) Puntos de Control

El primer paso será planificar el trabajo y conocer a la perfección la obra que va a ser llevada a cabo. La ubicación de los puntos de control necesarios para georreferenciar, y escalar posteriormente los modelos tridimensionales, es necesario conocer que zonas no van a ser modificadas durante el proceso de obra, procediendo a ubicar los puntos de control en dichas áreas.

Deben colocarse de cuatro a seis puntos de control no coplanarios (como mínimo) para tener una buena precisión en la georreferenciación, no pudiendo estar alineados ni en ángulos muy cerrados entre ellos. Lo recomendable será ubicarlos en las esquinas más próximas del sector, siempre en lugares que no vayan a ser modificados. Esto es importante para que todos los modelos usen los mismos puntos de control, y evitemos errores al realizar distintos estacionamientos topográficos en un mismo área.

Siguiendo estas precauciones, y la metodología a continuación expuesta, no será necesario realizar distintos estacionamientos topográficos a lo largo del proceso de obra, sino que con un único estacionamiento al inicio, podremos tener toda la obra a lo largo de todas sus fases georreferenciada. En nuestro caso, el levantamiento topográfico se llevó a cabo mediante una estación TOPCON GTS 226.

II) Ubicación de los puntos de control en la cubierta de Capilla Real.

Los puntos de control de la cubierta de Capilla Real se colocaron en dos de los contrafuertes del crucero de la Catedral. Sobre estos contrafuertes se apoyan las tejas de la cubierta. Así mismo, fueron colocados otra serie de puntos entorno al sondeo para mejorar su correcto escalado y georreferenciación. Estos mismos puntos puede ser usados también para la georreferenciación de los paramentos exteriores de la propia Capilla, estudiados durante los estudios de restauración de la cubierta, Figura 6.6 y Figura 6.7.

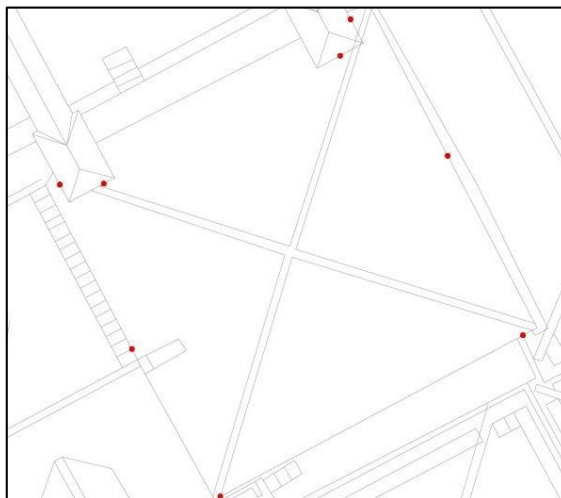


Figura 6.6. Localización de los Puntos de Control utilizados durante la restauración de la cubierta de Capilla Real.



Figura 6.7. Fotografía con la ubicación de uno de los puntos sobre el contrafuerte del crucero.

III) Ubicación de los puntos de control en el sondeo arqueológico de la puerta de la nave 17.

Al igual que en los procesos de restauración, durante las excavaciones arqueológicas se debe conocer previamente el sector que va a ser excavado para ubicar correctamente los puntos de control, de forma que cubran todo el perímetro a documentar. En este caso, debido a decisiones tomadas a lo largo del proceso de excavación, se aumentó el tamaño previsto para el sondeo, obligando a aumentar hacia el sur el número de puntos de control necesarios, Figura 6.8.

Esta ampliación se llevó a cabo antes de retirar los puntos previos, para de esta forma usarlos como puntos base para la ampliación, llevándose a cabo en este caso también un levantamiento tridimensional previo a la ampliación de la excavación.

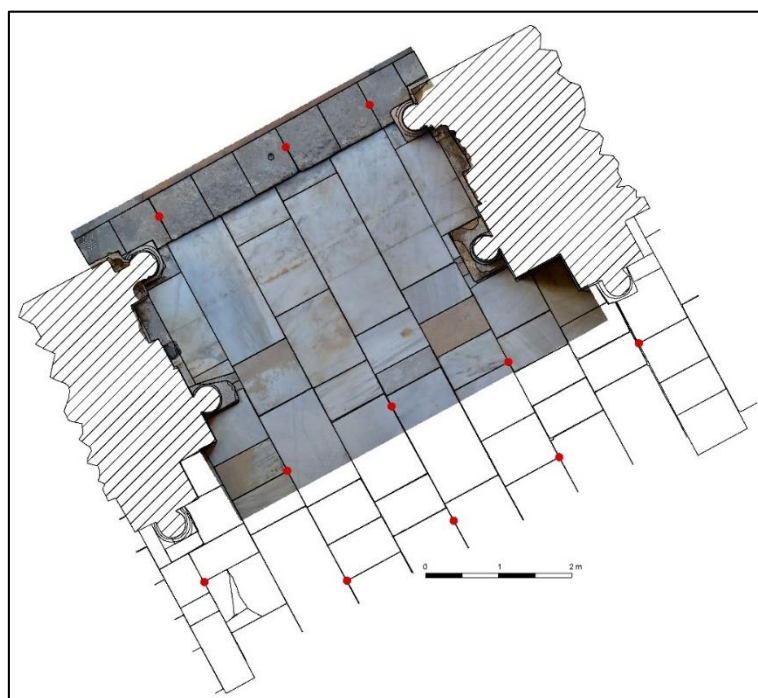


Figura 6.8. Localización de los Puntos de Control para el sondeo arqueológico de la Puerta de la Nave 17.

Este primer paso, aunque pueda parecer trivial es uno de los más importantes para evitar posteriores problemas de georreferenciación. Este paso previo requiere de un conocimiento del proyecto a ejecutar y del edificio en el cual se interviene.

IV) Fotogrametría SFM

Para la toma de fotografías, y creación de los modelos tridimensionales, se ha utilizado una cámara Nikon D3200 con 24,2 Mpxels, la cual porta un sensor CMOS de 23,2 mm x 15,4 mm. Como objetivo se escogió un AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR, (Nikon, 2016), fijando en 24mm la distancia focal. Como ya ha sido expuesto en el Capítulo 3.5, la técnica de fotogrametría basada en Structured from Motion requiere de un solape mínimo del 60% entre cada una de las tomas para que el software sea capaz de identificar y ubicar cada una de ellas.

Para obtener un modelo final 4D de la obra o excavación será necesario llevar a cabo un levantamiento fotogramétrico en cada una de las fases de obra o momentos clave de la excavación, siendo necesario para ello que en cada uno de los levantamientos aparezcan los mismos puntos de control. De esta forma el error será nulo o imperceptible, obteniendo unos mejores modelos tridimensionales. Durante esta fase se deberá trabajar conjuntamente con el arqueólogo y/o los arquitectos encargados de la obra, siendo imprescindible permanecer en obra el mayor tiempo posible.

Esto es debido a que el trabajo de excavación y registro de la secuencia estratigráfica puede conllevar un corto periodo de tiempo, siendo necesario un nuevo levantamiento fotogramétrico. En segundo lugar, es necesario que el técnico encargado del dibujo bidimensional, y encargado de la generación de la estratigrafía tridimensional, sea capaz de identificar correctamente las unidades estratigráficas definidas por el arqueólogo. A pesar de todo ello, será necesario que el arqueólogo revise las unidades estratigráficas y los planos con el técnico una vez dibujados. Por último, durante el proceso de obra o excavación pueden surgir imprevistos, que hagan necesario un pequeño levantamiento fotogramétrico para conservar un detalle o la cota de algún hallazgo importante.

Por estos motivos, es importante que el técnico encargado del levantamiento tridimensional fase a fase, permanezca en la obra o cerca de ella para poder rápidamente llevar a cabo el trabajo.

En cuanto al número de fotografías necesarias, será algo que el técnico deberá analizar y estudiar en cada una de las fases, y en cada una de las obras/excavaciones. Por ejemplo, durante una excavación el número y tiempo en la toma de fotografías de las primeras fases es menor que el realizado en las últimas fases de excavación, donde los perfiles serán mayores y el terreno tendrá más irregularidades, máxime si la excavación tiene diversas trincheras o zanjas que documentar.

En nuestro ejemplo, Tabla 6.1, en la cubierta de Capilla Real las primeras capas de tejas tienen un menor número de fotografías que el levantamiento de los pares y durmientes de la cubierta. Lo mismo ocurre en el Sondeo de la nave 17, mientras que la Capa 1-1, documenta el pavimento de mármol previo a la intervención, la Capa 4-17 documenta el estado final de la excavación con las zanjas y perfiles.

Capilla Real		Sondeo Nave 17	
<i>Capa</i>	<i>Nº Fotografías</i>	<i>Capa</i>	<i>Nº Fotografías</i>
Tejas	914	1-1	161
Tablazón	1661	3-1	412
Pares y vigas	1782	4-17	3547

Tabla 6.1. Muestra de la cantidad de fotografías necesarias para el levantamiento 3D de distintos modelos.

Aunque la pregunta más importante que debemos hacer es, ¿merece la pena documentar cada una de las fases de excavación? O quizás ¿es rentable documentar cada una de las fases?

Se debe tener en cuenta que, durante el proceso de documentación fotográfica, la obra, sector o excavación deben estar vacías, los sondeos limpios y toda la herramienta recogida para obtener un buen modelo tridimensional. Durante la toma de fotografías, la excavación pertenece al técnico encargado de ellas, no pudiendo seguir excavando, o generando polvo que ensucie o perjudique el levantamiento fotogramétrico.

Para comprobar el tiempo, y por tanto, el coste económico de la toma fotogramétrica de cada una de las fases de una excavación, se ha llevado a cabo un estudio del tiempo empleado en la toma de fotografías para cada fase de la excavación de la nave 17, y el tiempo empleado por el técnico encargado del levantamiento tridimensional en calcular cada una de las capas documentadas.

Si bien es verdad que el estudio se ha realizado teniendo en cuenta que el arqueólogo y dos peones se encuentran parados, si la organización es correcta en ese intervalo de tiempo el arqueólogo puede seguir trabajando inventariando materiales, o descargando sus fotografías mientras los peones le ayudan o se dedican a otras labores necesarias en obra.

En la Tabla 6.2 se muestra para cada una de las capas documentadas en el sondeo de la Celosía de la Nave 17 el día, hora de inicio y finalización de la toma de fotografías, así como el tiempo total de cálculo y los metros cuadrados de la capa documentada.

Documentación Sondeo Nave 17. Mezquita Catedral de Córdoba, 2017						
<i>Capa</i>	<i>Día</i>	<i>Hora Inicio</i>	<i>Hora Final</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>m² documentados</i>	<i>Tiempo total cálculo (min)</i>
1-1	22-may	9:05	9:10	0:05	45,08	72
1-2	22-may	11:13	11:16	0:03	16,5	26
1-3	22-may	12:19	12:22	0:03	14,96	23
1-4	22-may	13:30	13:34	0:04	15,14	29
1-5	23-may	12:28	12:32	0:04	15,05	38
1-6	23-may	13:04	13:08	0:04	15,33	35
1-7	29-may	9:12	9:18	0:06	15,12	30
2-1	24-may	9:22	9:25	0:03	12,51	23
2-2	24-may	11:07	11:11	0:04	11,02	27
2-3	24-may	11:46	11:48	0:02	11,14	26
2-4	24-may	12:29	12:32	0:03	12,1	33
2-5	25-may	9:12	9:15	0:03	12,75	30
2-6	25-may	12:29	12:34	0:05	13,18	55
2-7	29-may	10:37	10:42	0:05	14,98	38
2-8	29-may	13:21	13:29	0:08	16,27	85
2-9	30-may	9:51	9:57	0:06	16,02	47
3-1	31-may	12:33	12:48	0:15	53,62	235
3-2	01-jun	11:31	11:43	0:12	50,28	225
3-3	02-jun	8:53	9:06	0:13	49,24	196
3-4	02-jun	11:12	11:23	0:11	48,94	168
3-5	02-jun	14:22	14:34	0:12	50,1	237
3-6	05-jun	11:37	11:49	0:12	54,87	80
3-7	07-jun	9:30	9:47	0:17	56,04	116
3-8	07-jun	12:11	12:18	0:07	7,45	28

3-9	08-jun	9:33	9:51	0:18	54,5	110
3-10	08-jun	13:31	13:46	0:15	55,9	118
3-11	09-jun	11:33	11:48	0:15	54,31	113
3-12	14-jun	9:18	9:36	0:18	60,85	171
3-13	16-jun	9:18	9:45	0:27	64,47	213
4-1	16-jun	14:01	14:12	0:11	29,35	41
4-2	19-jun	12:01	12:10	0:09	37,64	48
4-3	20-jun	8:46	8:56	0:10	48,23	36
4-4	20-jun	13:10	13:20	0:10	50,53	48
4-5	22-jun	10:28	10:38	0:10	50,57	54
4-6	22-jun	13:29	13:42	0:13	50,25	53
4-7	23-jun	12:49	13:10	0:21	75,08	114
4-8	26-jun	12:14	12:28	0:14	69,32	86
4-9	28-jun	8:57	9:23	0:26	74,6	182
4-10	28-jun	12:20	12:47	0:27	105,3	241
4-11	03-jul	13:59	14:17	0:18	56,44	98
4-12	05-jul	10:30	11:02	0:32	71,92	112
4-13	05-jul	12:57	13:03	0:06	12,11	37
4-14	05-jul	14:12	14:24	0:12	18,36	45
4-15	06-jul	11:40	11:48	0:08	14,78	52
4-16	10-jul	13:13	13:31	0:18	14,68	161
4-17	17-jul	8:54	13:48	4:54	144	300

Tabla 6.2. Tiempos de fotografías, calculo y metros cuadrados documentados durante el sondeo de la Nave 17.

Una vez recopilados los datos se ha analizado el tiempo y los metros cuadrados totales documentados, Tabla 6.3. El tiempo empleado en la toma fotográfica de las 46 capas documentadas ha sido de 13 horas, requiriendo un total de 73 horas para procesarlas y obtener los modelos tridimensionales. Por tanto, en 86 horas ha sido documentada una superficie total de 1840,88 m².

Las horas totales empleadas en la excavación del sondeo, desde el levantamiento de la primera losa, hasta la terminación de la excavación, han sido 280 horas. Obteniendo una superficie documentada por hora de 21,6 m²/h. Suponiendo un 4,64% el tiempo empleado en la toma de documentación de la excavación con respecto al tiempo total empleado para excavar la totalidad del sondeo.

<i>Tiempo toma de datos (horas)</i>	<i>m² documentados</i>	<i>Tiempo cálculo (horas)</i>	<i>m² por hora documentados</i>	<i>Horas de excavación</i>	<i>Porcentaje de tiempo documentación fotográfica</i>
13	1840,88	73	21,6	280	4,64 %

Tabla 6.3. Resumen de los tiempos de trabajo y metros cuadrados totales para el sondeo.

Es posible comparar esta metodología de documentación con la llevada a cabo aún en algunas excavaciones, el dibujo manual. Para ello se hará uso del plano levantado en la fase final de excavación de los sondeos del Castillo de Montilla, Córdoba, durante los trabajos llevados a cabo en 1999-2000 (Bermúdez, J.M. et al., 2000), Tabla 6.4. El tiempo empleado en el dibujo manual de los sondeos finales, sin tener en cuenta la posterior digitalización en AutoCAD de los planos, fue de 650 horas, con un total de 3141 m² documentados.

La superficie documentada por hora fue de 4,83 m²/h, 4,7 veces menos metros cuadrados por hora documentados que haciendo uso de la fotogrametría. Tardando por tanto casi cinco veces más en documentar la misma superficie mediante el dibujo manual, con una menor precisión de los resultados.

Documentación sondeos Castillo de Montilla, Córdoba. 1999-2000		
<i>Tiempo toma de datos (horas)</i>	<i>m² documentados</i>	<i>m² por hora documentados</i>
650	3141	4,83

Tabla 6.4. Resumen de los tiempos de trabajo y metros cuadrados totales de la excavación del Castillo de Montilla.

V) Comparación de la información registrada

La información registrada manualmente en los sondeos del Castillo de Montilla fue posteriormente digitalizada en Autocad, obteniendo el resultado mostrado en la Figura 6.9. Durante el dibujo manual solo se documentó el proceso final de cada uno de los sondeos, dibujando las alineaciones de los muros y pavimentos encontrados.

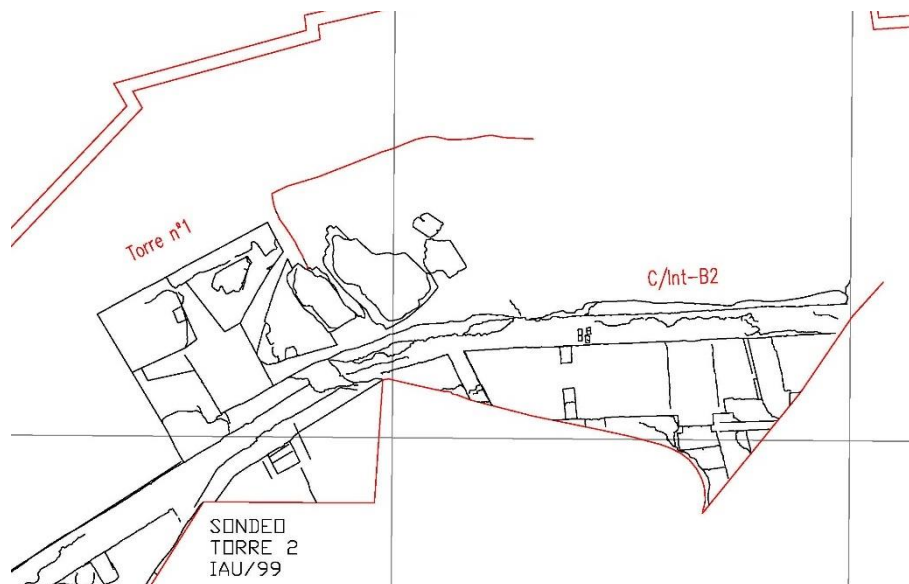


Figura 6.9. Digitalización de los sondeos dibujados manualmente en la excavación del Castillo de Montilla.

La Figura 6.10 muestra la capa final documentada en el sondeo de la Nave 17 de la Catedral de Córdoba. En este caso se han dibujado todos los elementos, incluidos los cantos rodados, morteros o incluso inscripciones o grafitos, Figura 6.11 y Figura 6.12. Además de obtener un dibujo preciso de cada una de las capas de excavación, obtenemos también la ortofotografía del yacimiento en alta resolución, Figura 6.13, en la que se muestra un detalle de los cantos rodados hallados.



Figura 6.10. Detalle de la capa final del sondeo de la nave 17 documentada mediante fotogrametría.

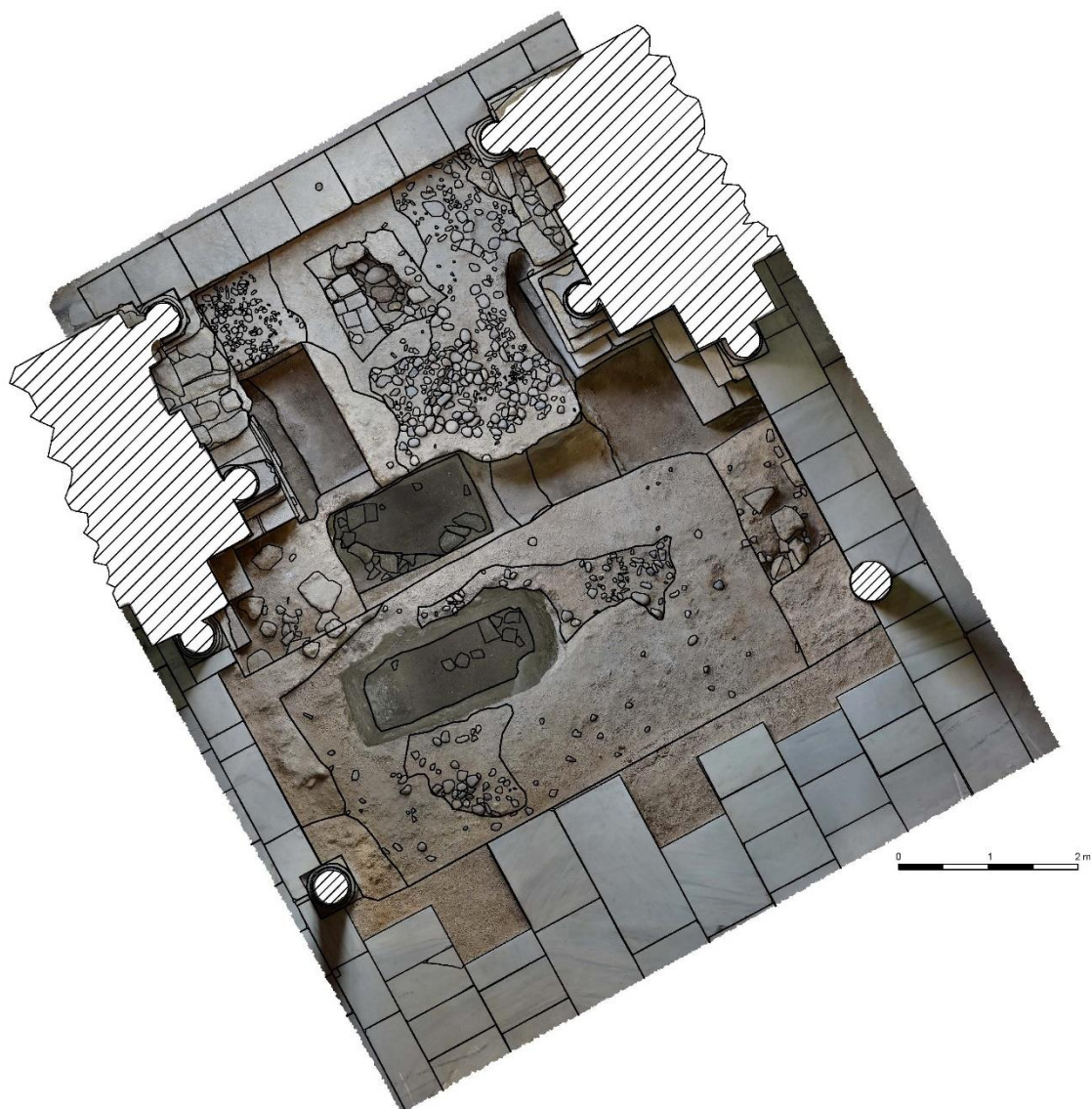


Figura 6.11. Capa final del sondeo de la nave 17 documentada mediante fotogrametría.



Figura 6.12. Detalle de los grafitos dibujados sobre los planos de perfil.



Figura 6.13. Detalle de la ortofotografía obtenida.

Como puede comprobarse, la diferencia en la calidad y en la precisión de la documentación generada es muy elevada. Consiguiendo de esta forma no solo una mejora de los estudios llevados a cabo durante el proceso de excavación, sino la posibilidad de realizar estudios posteriormente, o incluso comparar datos y cotas entre distintas capas en distintos puntos de un gran emplazamiento, o de campañas de excavación llevadas a cabo en distintos años.

Gracias a la documentación generada capa a capa tridimensionalmente, podría cualquier investigador retomar la investigación después de haberla realizado casi como si estuviese en el momento de excavación. Esta información, junto con las muestras de las diferentes unidades estratigráficas, las muestras de morteros y la cerámica recogida a lo largo de la excavación y depositada en el Museo Arqueológico de Córdoba pueden servir en el futuro para comparar los datos obtenidos con nuevas excavaciones o sondeos hechos dentro o fuera de la Catedral de Córdoba.

3.6.2.2. Generación del modelo tridimensional

Paso 1: Software Agisoft Photoscan (AP)

El software utilizado para la reconstrucción fotogramétrica en estos sondeos ha sido el software comercial Agisoft Photoscan (AP), en su versión Standard Edition (Agisoft, 2017). El procesamiento de las imágenes tomadas se llevó a cabo en un equipo informático con un procesador E5-1620v2 3,7 GHz, 32 Gb DDR3, 1x NVIDIA Quadro Kepler K4000 3Gb GDDR5.

Agisoft Photoscan sigue una serie de pasos concretos para la generación de los modelos tridimensionales. El primer paso será cargar las fotografías en el software, asegurándonos de evitar aquellas fotografías movidas o con algún objeto que pueda estropear o disminuir la calidad del modelo final obtenido.

Será en este momento cuando se deberán introducir máscaras en aquellas zonas con andamiaje o herramientas que no hayan podido quitarse antes de la toma de datos, pero que tampoco deben ser registrados y generados en el modelo tridimensional.

En la Figura 6.14 se muestra el uso de máscaras para evitar el cálculo de los soportes de madera, de esta forma en ninguno de los procesos posteriores, incluido la generación de la textura se tendrá en cuenta este parte de la fotografía. Este proceso, aunque

extremadamente lento, ya que requiere dibujar la máscara en todas y cada una de las fotografías, consigue excelentes resultados, generando de esta forma un perfecto modelo tridimensional.



Figura 6.14. Detalle del uso de máscaras en Photocan para mejorar el resultado final.

Paso 2: Orientar fotografías

Durante este paso Photocan identificará las fotos y creará una nube de puntos dispersa que mostrará si la unión ha sido correcta o no. Para ambos proyectos la configuración ha sido la siguiente; Precisión: Alta, Pre-procesar emparejamiento de imágenes: Genérico; Puntos clave por foto; 40000 y Puntos unitivos por foto: 4000. Además, si han sido delimitadas máscaras deberá marcarse la casilla “Restricción de máscara activa”, para evitar que dichas zonas las tenga en cuenta durante el cálculo.

Una vez generada la primera nube de puntos dispersa, deberemos asegurarnos que el cálculo se ha llevado a cabo correctamente, revisando que todas las fotos hayan sido orientadas, y de no ser así verificar cuales son y el motivo de ello. De esta forma aseguramos que los siguientes pasos sean correctos, no debiendo volver a calcular de nuevo. En las Figuras 6.15 y 6.16 se muestra la orientación de fotografías para dos de las Capas de ambos sectores en estudio.



Figura 6.15. Orientación y nube de puntos dispersa de la Tablazón de la cubierta de Capilla Real.

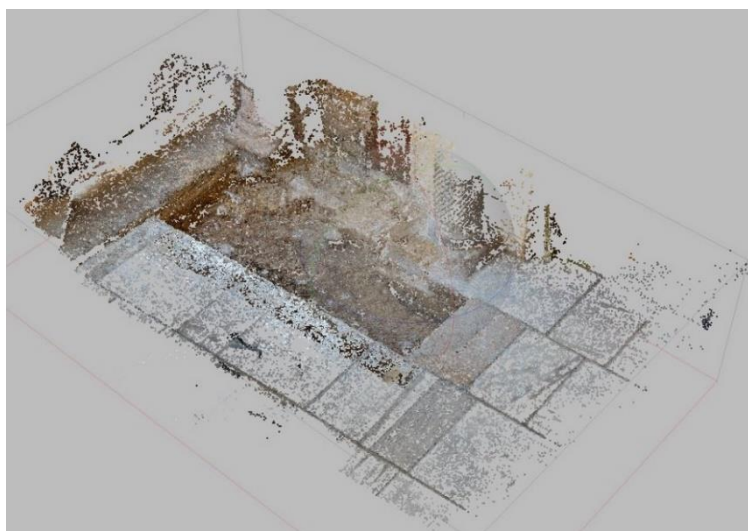


Figura 6.16. Orientación y nube de puntos dispersa del levantamiento del Subsondeo 1.7 de la excavación.

Paso 3: Crear nube de puntos densa

Será durante este paso cuando se genere la nube de puntos densa sobre la que posteriormente se creará la malla poligonal que defina nuestro modelo tridimensional. Dependerá por tanto la calidad del resultado final de esta nube de puntos. La calidad seleccionada durante este proceso determina la cantidad de puntos que serán generados, a mayor calidad, mayor número de puntos, menor distancia entre los puntos y por tanto un mejor y más fiel modelo tridimensional.

En la Figura 6.17 se muestra de izquierda a derecha y de arriba abajo los cinco tipos distintos de calidad en la generación de la nube de Puntos. (I) Nube de Puntos Mínima, 17.671 puntos. (II) Nube de Puntos Baja, 70.338 puntos. (III) Nube de Puntos Media, 282.150 puntos. (IV) Nube de Puntos Alta, 1.099.322 puntos. (V) Nube de Puntos Extra Alta, 4.198.094 puntos. Como puede comprobarse con facilidad, la diferencia entre una calidad y la siguiente es cuatro veces más puntos, o lo que es lo mismo, disminuir la distancia entre puntos en cuatro.

Aunque a mayor número de puntos más precisión tendrá nuestro modelo final, no siempre es útil o posible calcular en la máxima calidad, ya que la generación de la nube de puntos consume gran cantidad de memoria RAM, la cual estará limitada por las características del ordenador sobre el que se esté calculando. Para calcular detalles como basas, capiteles e inscripciones utilizaremos la calidad Alta o Extra-Alta. Mientras que para grandes superficies usaremos Media o Baja en función del número de fotos del modelo a reconstruir y de la urgencia en la finalización del modelo o capa. Por último, la nube de puntos mínima solo la usaremos en casos extremos en los que urja terminar rápidamente el modelo o en aquellas reconstrucciones con varios miles de fotografías en los que interese un modelo global y no tanto una precisión en los detalles del mismo.

Una opción disponible en grandes modelos con miles de fotografías es llevar a cabo un cálculo completo mediante una nube de puntos densa mínima y posteriormente calcular distintas zonas de interés o el modelo en partes con una calidad superior.

La Figura 6.18 muestra la densidad de la nube de puntos mediante una escala de Azul, Verde, Amarillo y Rojo en la que se aprecia de forma clara las zonas con mayor y menor cantidad de puntos. En este caso, y a excepción de las zonas con falta de datos, la densidad

es uniforme en toda la basa. Para esta comparativa se ha hecho uso del software libre Cloud Compare (Girardeau-Montaut, 2017).



Figura 6.17. Diferencia de la calidad de la nube de puntos densa. Como muestra una basa del sondeo de la Nave 17.

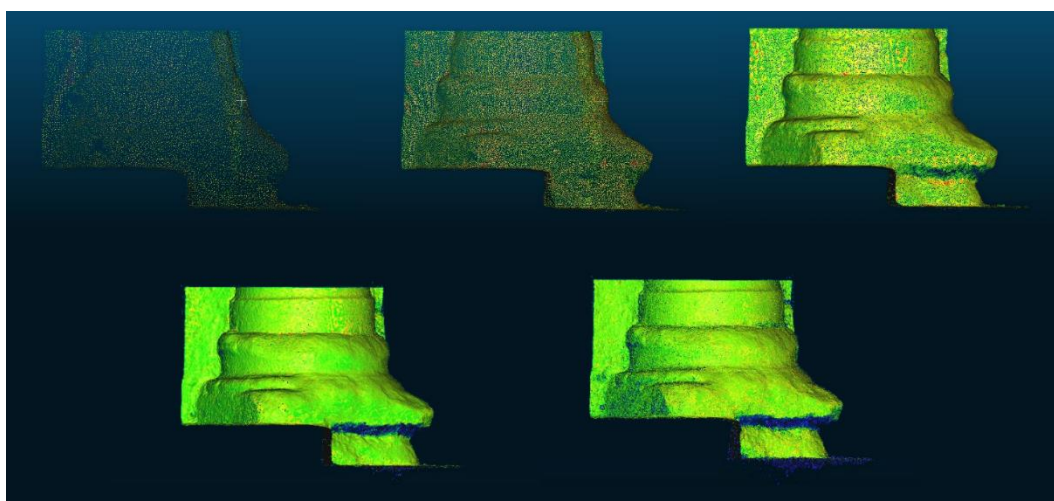


Figura 6.18. Diferencia de la densidad de la nube de puntos densa. Como muestra una basa del sondeo de la Nave 17.

En las siguientes figuras se muestra la distancia absoluta entre las nubes de puntos Baja, Figura 6.20, Media, Figura 6.21, Alta, Figura 6.22 y Extra Alta, Figura 6.23 con respecto a la nube de puntos Mínima, comparando de esta forma la precisión del software al calcular la misma nube de puntos con distintas calidades. Junto a la escala, en cada figura, se muestra el histograma con la localización de los puntos, del cual podemos extraer como conclusión que el 99% de los puntos se encuentran por debajo del milímetro de error. Cálculo realizado a través del software Cloud Compare, Figura 6.19.

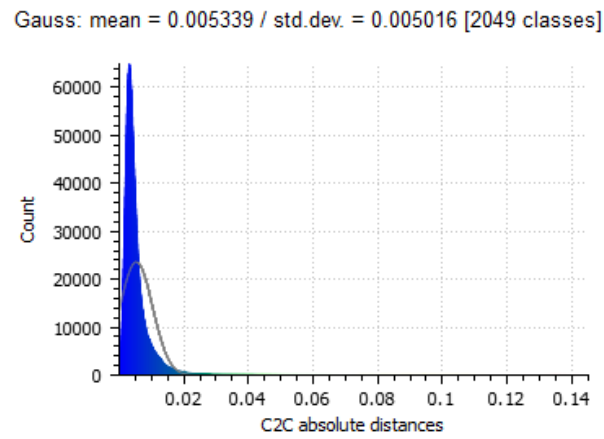


Figura 6.19. Media de las distancias absolutas mostrando el error con respecto a la nube Mínima.

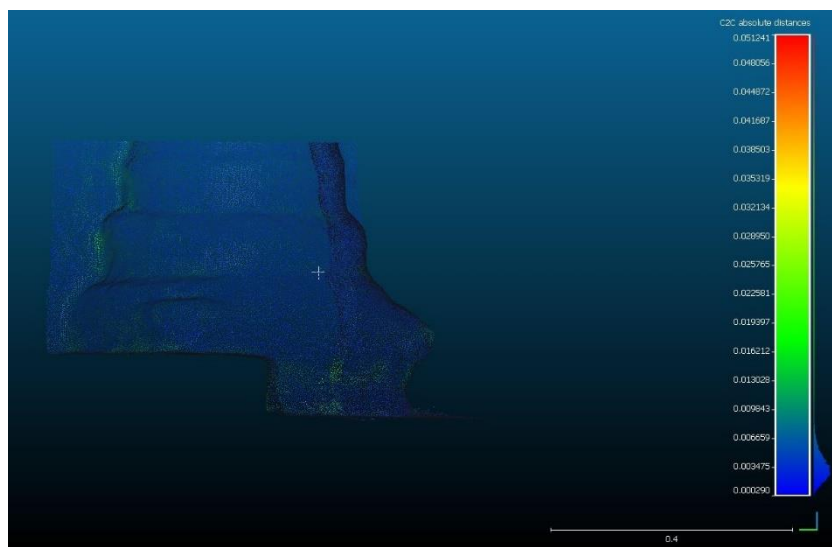


Figura 6.20. Media de las distancias absolutas de la nube Baja-Mínima.

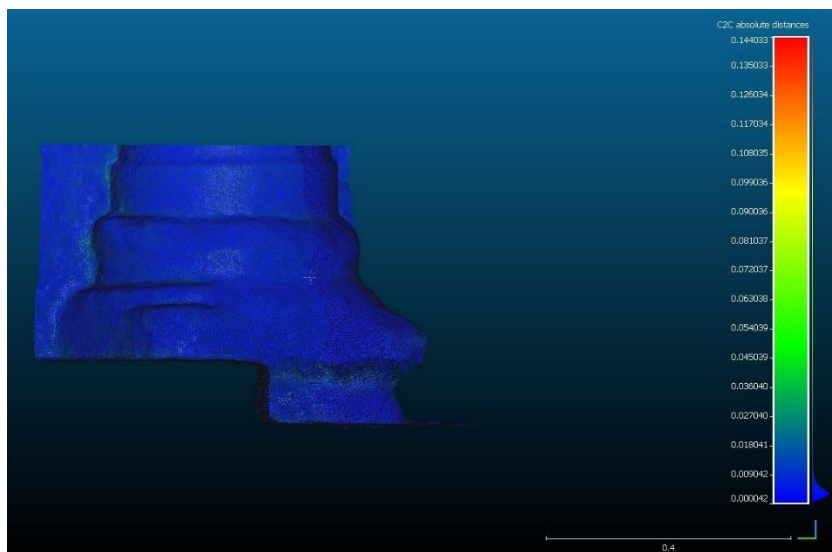


Figura 6.21. Media de las distancias absolutas de la nube Media-Mínima.

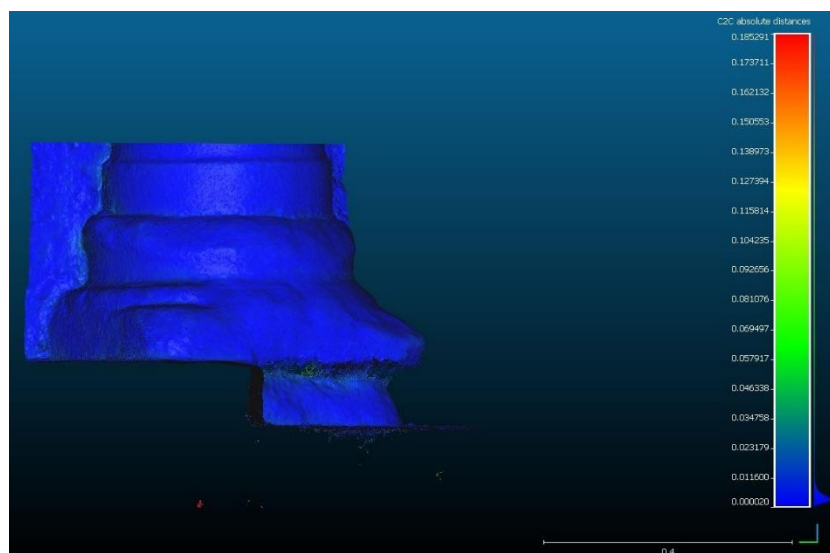


Figura 6.22. Media de las distancias absolutas de la nube Alta-Mínima.

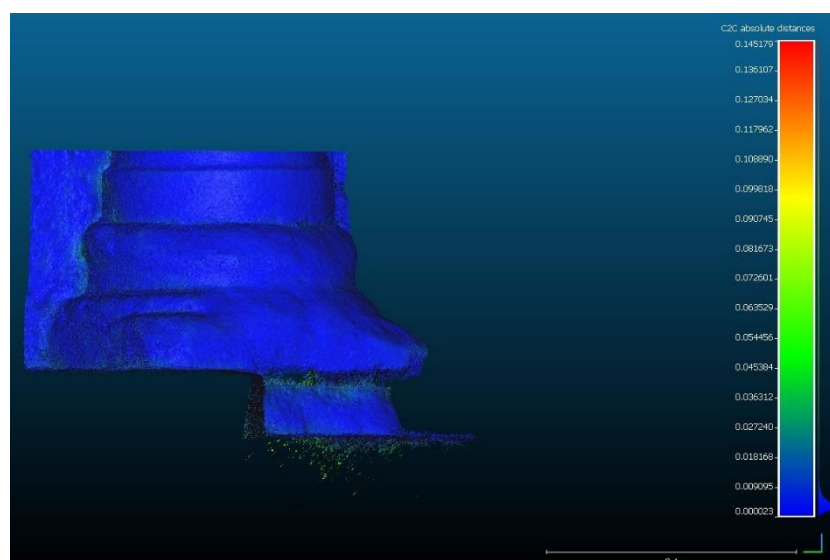


Figura 6.23. Media de las distancias absolutas de la nube Extra Alta-Mínima.

Paso 4: Crear malla

Tras la generación de la nube de puntos densa, y antes de proceder a la generación de la malla poligonal, deberá revisarse de nuevo la nube de puntos densa, verificando que todo es correcto, que no encontramos grandes agujeros o sectores sin documentar. Además, será este el momento de eliminar todos aquellos puntos generados en los límites del modelo o zonas que no interesen mallar.

Si el levantamiento fotogramétrico se realiza a pie haciendo uso de la cámara, tendremos que seleccionar como tipo de superficie: Arbitrario. Mientras que si el levantamiento se lleva a cabo haciendo uso de un dron o avión para generar el modelo tridimensional del terreno deberemos seleccionar Bajorrelieve/Terreno. También deberemos seleccionar si la reconstrucción del modelo se realizará sobre la nube de puntos dispersa o sobre la nube de puntos densa, seleccionando siempre la nube de puntos densa para obtener un resultado óptimo.

El número de caras que generará el software en la superficie nos viene dada en tres niveles, Baja, Media o Alta, apareciendo entre paréntesis un número de puntos que dependerá del número de fotografías inicial y de la calidad elegida en el paso anterior. En los cálculos llevados a cabo se ha comprobado que un equipo con 16 GB de RAM es capaz de generar una superficie de entre tres y cuatro millones de polígonos. Mientras que un equipo con 32 GB de RAM es capaz de generar hasta nueve o diez millones de polígonos.

Al igual que antes, a mayor número de polígonos mayor precisión tendrá el modelo generado, a costa de necesitar un equipo más potente para manejar todo el modelo. Aunque, desde un punto de vista de la conservación del patrimonio interesa obtener el modelo con el mayor número de polígonos posibles, desde el punto de vista técnico, y en función del objeto o excavación que se esté reconstruyendo, la calidad no mejora perceptiblemente con un número muy elevado de polígonos. De hecho, como se verá más adelante, deberemos reducir el número de polígonos de nuestros modelos para trabajar con el software Blender, Solid Edge o la web Sketchfab.

Antes de comenzar a calcular la malla es recomendable activar la interpolación, para que de este modo las zonas o áreas con pequeños agujeros sean cerradas por el software.

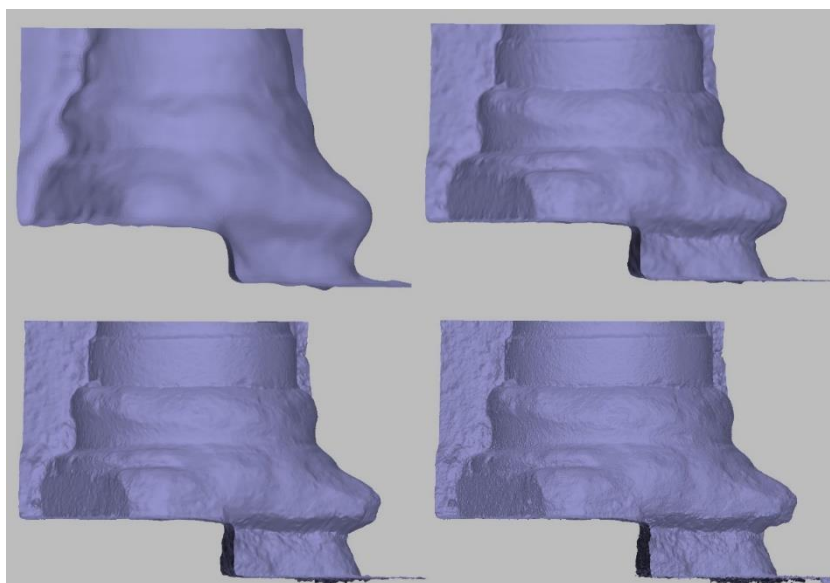


Figura 6.24. Diferencia de la malla en alta calidad sobre distintas calidades de la nube de puntos densa.

La Figura 6.24 muestra las mallas en Alta calidad sobre las nubes de puntos, de izquierda a derecha y de arriba abajo, mínima (I), Media (II), Alta (III) y Extra-Alta (IV). El número de triángulos que conforman cada una de las mallas son los siguientes, (I) Mínima- 39.907 caras; (II) Media – 180.000 caras; (III) Alta – 221.180 caras, (IV) Extra-Alta – 843.081 caras. Al igual que las nubes de puntos densas, la diferencia entre las distintas calidades es de cuatro veces más polígonos entre una calidad y la inmediatamente superior.

Paso 5: Crear textura

Por último, antes de finalizar el modelo tridimensional deberemos generar la textura del mismo a partir de las fotografías utilizadas para la fotogrametría. La calidad de la textura dependerá del tamaño de la misma en píxeles y del tamaño y complejidad del modelo. El tamaño de la textura dependerá de varios factores, en primer lugar, de la tarjeta gráfica de nuestro equipo, y en segundo lugar del objetivo que tenga posteriormente el modelo generado. Estas diferencias serán analizadas y comentadas con mayor detalle en los sucesivos apartados, en función de su finalidad.

En la Figura 6.25 se muestran dos capturas del mismo lugar con dos calidades de textura, la primera muestra una textura de 4096 píxeles, mientras que la segunda muestra una textura de 16384 píxeles. Como puede apreciarse, la diferencia es notable, aunque como se analizará a lo largo del capítulo no siempre será necesaria una textura de alta calidad en nuestro modelo.



Figura 6.25. Diferencia de calidad de la textura generada para el modelo tridimensional.

Paso 6: Marcadores – Puntos de Control

Una vez generado el modelo tridimensional deberemos colocar los puntos de control tomados al inicio de la excavación, y que deberán aparecer en todos los modelos tridimensionales generados para poder ser localizados correctamente. Cada punto tendrá sus coordenadas x, y, z en metros y en formato ETRS89, obteniendo una vez colocados los puntos el error correspondiente a cada uno de ellos según el cálculo realizado por el software.

El error cuadrático medio obtenido entre la nube de puntos generada en Photoscan, y los puntos de control tomados con la estación topográfica es de 0.00058 m, 0.58 mm, Ecuación 1 (Agisoft, 2017).

$$Error = \sqrt{\frac{\sum_1^n [(X_{i,est} - X_{i,in}) \cdot 2 + (Y_{i,est} - Y_{i,in}) \cdot 2 + (Z_{i,est} - Z_{i,in}) \cdot 2]}{n}} \quad (1)$$

De esta forma podremos comprobar si el error es menor de 0,005 m, 5 mm, y por tanto válido para nuestras reconstrucciones, o si es mayor y por tanto deberemos revisar la localización de los puntos, o incluso un posible error en la toma de datos inicial. Este error lo consideramos despreciable para aquellas medidas de quince metros o menos. Por este motivo es de vital importancia llevar a cabo un levantamiento topográfico inicial correcto, tomando todas las precauciones necesarias para evitar errores.

3.6.2.3. Modelado CAD 3D del yacimiento arqueológico

Una vez generado el modelo fotogramétrico de cada una de las capas, podremos crear el modelo tridimensional CAD para su integración en softwares de ingeniería como Solid Edge, SolidWorks, Inventor, Catia, o NX entre otros. La integración de los modelos fotogramétricos en software CAD puede servir para introducir datos de la restauración o excavación llevada a cabo en un modelo completo del edificio o yacimiento. Para ello será necesario tener en cuenta una serie de precauciones para obtener el modelo.

Aunque los modelos fotogramétricos tienen una precisión muy elevada, el alto número de triángulos en su malla evita que pueda usarse esta tecnología para llevar a cabo el levantamiento completo de grandes edificios arquitectónicos en un solo modelo. Esto conlleva tener que disminuir los detalles de nuestras reconstrucciones en post de obtener todo el edificio generado. En el presente caso el modelo tridimensional de la Mezquita-Catedral de Córdoba está siendo generado con el software Solid Edge ST10, (Siemens, 2017). De esta forma, y como ya se ha mostrado en el Capítulo 3.1 y sucesivos, se está generando un modelo tridimensional básico, aunque no menos preciso, con este software.

El primer paso será elegir el modelo fotogramétrico que deseamos introducir en el modelo general CAD de nuestro edificio o yacimiento arqueológico, y disminuir el número de caras del modelo fotogramétrico. De nuevo la disminución de las caras y la cantidad de las mismas debe hacerse de forma progresiva e iterativa, conociendo las limitaciones no solo del hardware sino también del software que utilicemos. El ejemplo escogido para este apartado es la Capa 4-17 del sondeo de la Nave 17 de la Catedral de Córdoba, última fase de la excavación, de forma que obtengamos los datos definitivos en cuanto a profundidad y amplitud de la excavación realizada, Figura 6.26.

En este caso el modelo que se usará para su integración en CAD ha sido reducido hasta obtener 1 millón de caras en su malla. Además, como paso previo a su exportación deberemos estar seguros de que el modelo se encuentra en coordenadas locales, y no en coordenadas ETRS89 o cualquier otro sistema. Deberemos georreferenciar nuestro modelo en un sistema de coordenadas locales, a poder ser y en caso de tener ya un modelo tridimensional del edificio en CAD, con un sistema de coordenadas locales propio, haciendo coincidir uno con otro, de forma que ambos modelos encajen perfectamente una vez introducidos en el software.

Para poder obtener un modelo CAD a partir de una malla en formato *.stl o formato *.obj deberemos hacer uso de Ingeniería Inversa. La Ingeniería Inversa es una serie de procedimientos que permitirán convertir la malla triangular de nuestros modelos en superficies NURBS o poligonal. Como recomendación de software se puede usar el software libre FreeCad 3D, el cual incluye un módulo de ingeniería inversa. En cuanto a soluciones de pago hay diversas, SolidWorks incluye módulo de ingeniería inversa, así como CATIA. Solid Edge en su última versión ST10 también incluye un módulo de ingeniería inversa que nos puede ser útil. También encontramos en el mercado softwares específicos como Geomagic Studio, un software dedicado a la Ingeniería Inversa. En el caso aquí estudiado se ha hecho uso de FreeCad y Solid Edge de forma indistinta.

Los pasos a seguir si hacemos uso del software libre FreeCad serán los siguientes,

- Importar el archivo *.stl o *.obj en Meshlab.
- Mediante la herramienta Fill Holes, cerramos los agujeros que tenga la malla, al menos los pequeños huecos.
- Exportar la malla en *.stl desde Meshlab.
- Abrir *.stl con freeCAD desde el módulo Part. Hacer Pieza/Crear forma de malla. Por último, en utilidades avanzadas para crear formas usamos Solid from Shell.
- Guardamos el resultado obtenido en formato *.iges.
- Abrimos el archivo en Solid Edge con la opción Unir y Coser (Crear Sólido) activa, de esta forma nos generará el sólido o la superficie en el programa.

Si el modelo fotogramétrico cuenta con pocos polígonos una solución en Solid Edge es hacer lo siguiente. Abrir el archivo *.stl y guardarlo en formato *.ifc. Una vez guardado volveremos a abrir el archivo en formato *.ifc desde Solid Edge y obtendremos la pieza convertida y lista para trabajar con ella. Una vez introducido en el software CAD obtendremos el siguiente modelo, Figura 6.27.



Figura 6.26. Modelo fotogramétrico generado para la capa final de la excavación de la Nave 17.

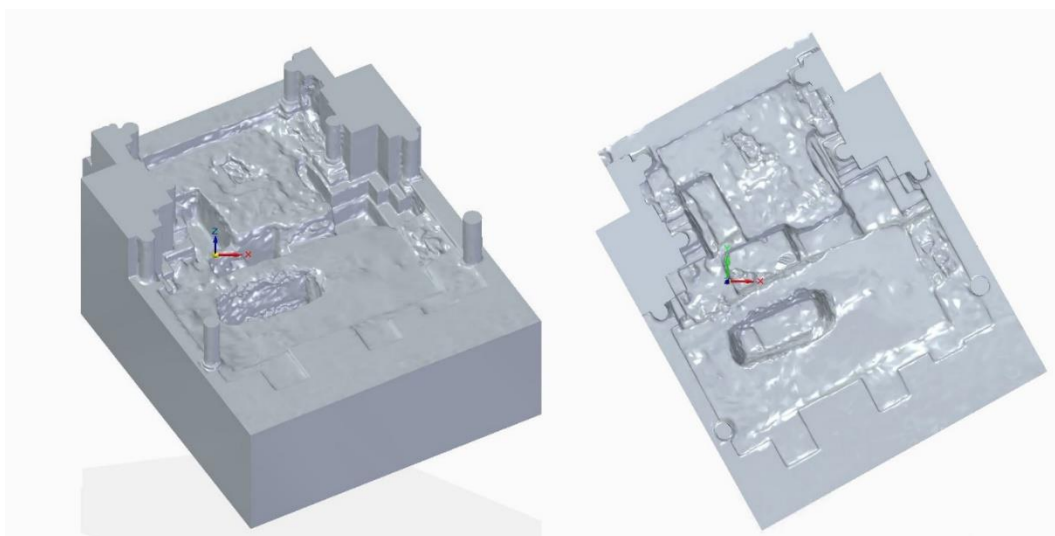


Figura 6.27. Modelo CAD introducido en Solid Edge.

Como ejemplo de una de las opciones que nos ofrece el modelo de la excavación una vez introducido en el software CAD, calcularemos tridimensionalmente el volumen exacto de tierra extraído durante el proceso de excavación. Para ello se deberá generar la superficie del pavimento original, Figura 6.28, y posteriormente intersectar ambos modelos para obtener la tierra extraída, Figura 6.29.

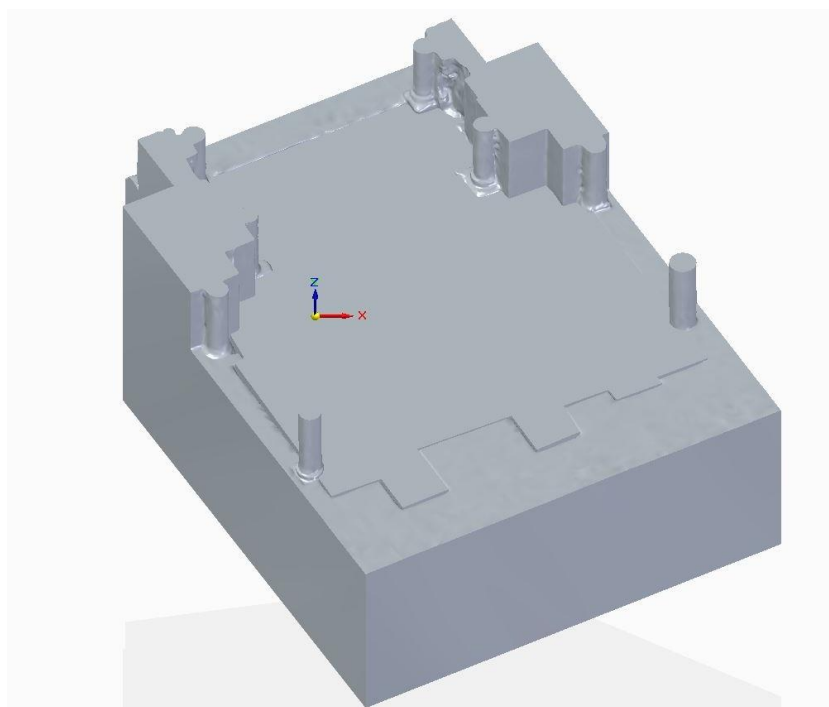


Figura 6.28. Generación del pavimento previo a la excavación en Solid Edge

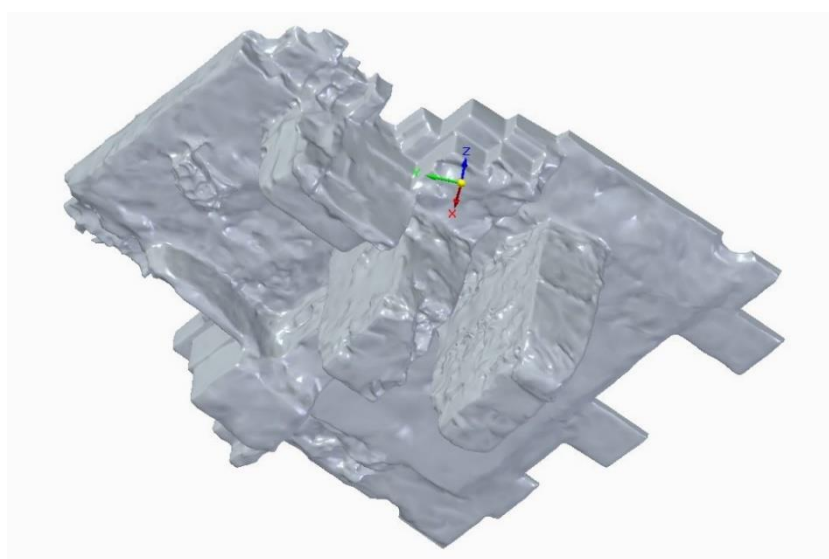


Figura 6.29. Volumen total excavado en el sondeo.

Una vez generado el sólido de la tierra extraída podremos ver el volumen que tiene, y, por tanto, obtener el volumen total de tierra extraído durante el proceso de excavación. En este caso obtenemos $25,62 \text{ m}^3$ de tierra extraídos. Ésta es solo una más de las aplicaciones al hacer uso de software CAD de ingeniería aplicados al Patrimonio, otras aplicaciones pueden ser estudios de canalizaciones y agua como ya se analizó en el Capítulo 3.5, o el análisis de inclinaciones, desviaciones o secciones de distintas áreas.

3.6.2.4. Generación de planimetría 2D

La generación de planos para ambos sectores ha sido llevada a cabo digitalizando cada una de las ortofotografías de planta y alzado generadas para cada capa de la excavación o restauración. Aunque la metodología en este caso es ampliamente conocida y ha sido estudiada anteriormente, el trabajo con capas de una misma excavación introduce nuevas problemáticas en el caso de gestionar los planos en un software SIG (Sistema de Información Geográfica).

Cuando un plano con distintas capas vectoriales es introducido en un software SIG, el software utiliza el nombre de las capas origen como nombre de las capas SIG. Cuando únicamente se importa la capa final de un yacimiento arqueológico no hay problema, ya que, aunque el yacimiento tenga cientos de capas, cada una de ellas tiene una denominación distinta. El problema surge cuando se introducen varias capas de una misma excavación en distintas fases de la misma, y en la cual evidentemente aparecerán capas con la misma denominación, aunque quizás no con la misma información.

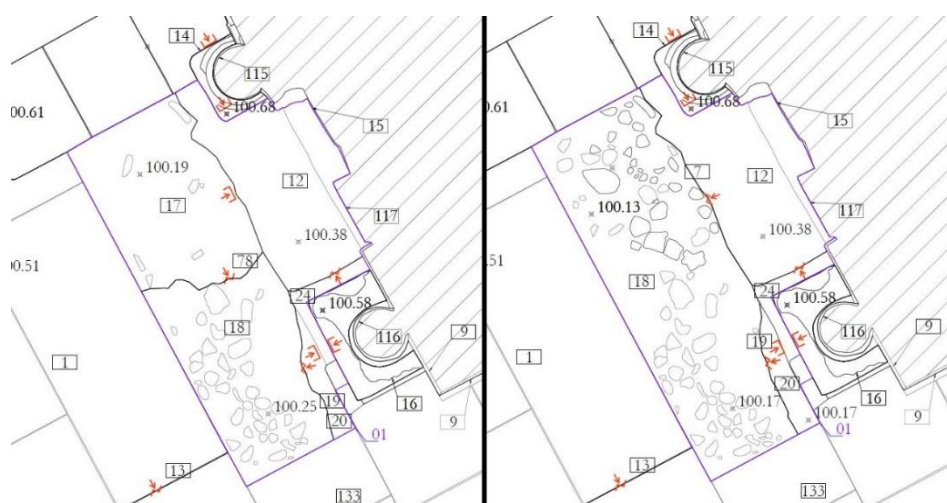


Figura 6.30. Diferencias entre capas sucesivas de la excavación.

En la Figura 6.30 se muestran dos fases de excavación del subsondeo 1, a la izquierda la Capa 1-5 y a la derecha la Capa 1-6. La Capa 1-5 contiene las UE (Unidades Estratigráficas) 17 y 18, estando esta última cortada por la interfaz vertical 78. Sin embargo, en la Capa 1-6 ya no se encuentra ni la UE17, ni la interfaz vertical 78, quedando únicamente la UE18 que se extiende por debajo de la UE17. Si se introducen ambos planos en un sistema SIG, obtendremos que la UE18 tiene la misma denominación en su capa y contiene datos muy diferentes.

Para evitar esta problemática, surgida al introducir la fotogrametría 4D, es decir, el seguimiento de la excavación a lo largo de la duración de la misma, se ha seguido la siguiente denominación para las capas de cada una de las unidades estratigráficas.

Tipos de Capas

Lo primero será generar para cada unidad estratigráfica los distintos tipos de capas, en total 4 capas para cada UE, (I) Contorno; (II) Despiece; (III) Texto, (IV) Cota, y una capa especial para las interfaces, (V) Interfaces.

(I) Contorno

Cada unidad estratigráfica estará definida por un contorno que contenga toda la superficie de la unidad. Este contorno será dibujado mediante una polilínea cerrada, de forma que el software SIG pueda identificar posteriormente la capa como un polígono. Su denominación será “*_POL”.

(II) Despiece

Esta capa contendrá el despiece interno de la unidad estratigráfica, si contiene cantos rodados, en esta capa se dibujarán cada uno de ellos mediante el uso de polilíneas cerradas. Si contiene ladrillos o cualquier otro tipo de despiece será dibujado de igual forma. En este caso la denominación de la capa será “*_DES”.

(III) Texto

La capa texto incluirá el número de cada unidad estratigráfica. La capa se denominará “*_TXT”. La numeración se realizará colocando un texto gris al 20% sobre un recuadro coloreado según el tipo de unidad.

(IV) Cota

Cada capa y cada unidad estratigráfica deberá contener una o varias cotas para la correcta lectura del plano. La capa se denominará “*_COT”.

(V) Interfaces

Las interfaces verticales y horizontales tendrán su propia unidad estratigráfica con una denominación propia, ya que no tienen contorno, ni despiece. En este caso se utilizará la denominación “*_LIN”.

Otras Capas

(VI) Límites del Sondeo

Mediante una polilínea se dibujarán los límites del sondeo excavado. Esta capa no tiene denominación propia, pudiendo nombrarla según la designación del sondeo o Subsondeo al que pertenezca.

(VII) Adosamientos Simples

Los adosamientos entre estructuras sin ruptura tendrán una capa propia que marca la zona de adosamiento. De esta forma se marcarán tanto fases de obra, siempre de la misma fase. Como elementos contruados sobre elementos anteriores siempre que no haya rupturas. Denominación “*_ADS”.

(VIII) Erosión

Las superficies erosionadas podrán ser delimitadas mediante una línea discontinua ya que puede cortar a varias unidades estratigráficas. Denominación “*_ERO”.

(IX) Arrasamientos

Los arrasamientos de estructuras de envergadura, desmontes parciales o apertura de vanos perforando elementos estructurales se delimitarán mediante un arrasamiento. Denominación “*_ARR”.

(X) Vanos

Los vanos como puertas y ventanas con su superficie de uso se incluirán en esta capa. Además, si no son visibles debido a la proyección del plano, se dibujarán con línea discontinua. Denominación “*_VAN”.

Para un estudio en mayor profundidad de la división de capas, su uso en arqueología y ejemplos véase la Tesis de Raimundo Ortiz (Ortiz, 2018). Aunque cada unidad estratigráfica esté formada por los cuatro tipos de capas descritos, esto sigue sin solucionar el problema de su inserción en un SIG. Para ello seguiremos el siguiente código.

03-11_UE0018_POL

Los primeros números harán referencia al subsondeo y la capa del mismo en la cual estemos trabajando. En este caso se hace referencia al subsondeo 3, capa 11. A continuación aparecerá la denominación de la UE, variando la cantidad de dígitos en función del tamaño de nuestra excavación, para que todas las capas tengan el mismo número de dígitos y facilitar su lectura. Por último, incluiremos la denominación del tipo de Capa, y, por tanto, de la información que contiene. La misma UE18 en la capa anterior tendría la denominación “03-10_UE0018_POL” Un ejemplo de las capas de dos unidades estratigráficas sería el siguiente.

03-11_UE0017_POL

03-11_UE0017_DES

03-11_UE0017_TXT

03-11_UE0017_COT

03-11_UE0078_LIN

03-11_UE0078_TXT

Además de la denominación seguida para las capas, será útil usar distintos grosores de línea para facilitar la lectura del plano una vez terminado. Si el plano se decide imprimirlo en blanco y negro no necesitaremos hacer uso de la columna color, Tabla 6.5.

Símbolos de relaciones

Los símbolos de relaciones son de vital importancia en el sistema de representación utilizado en esta metodología (Ortiz, 2018). Este sistema permite conocer las relaciones estratigráficas existentes entre las distintas unidades. Estos símbolos se colocarán sobre las líneas de cada unidad o adyacentes a la misma en tono naranja oscuro para facilitar su visualización, Tabla 6.6.

<i>Tipo de Capa</i>	<i>Grosor</i>	<i>Color</i>
POL	0.20 mm	Verde
DES	0.13 mm	Gris 70%
TXT	0.13 mm	-
COT	0.13 mm	-
LIN	0.30 mm	Azul Cian
Límites Sondeo	0.20 mm	Verde Oscuro
Adosamientos simples	0.18 mm	Rojo
Erosión	0.18 mm discontinua	Azul Cian
Arrasamiento	0.25 mm	Azul Oscuro
Vanos	0.25 mm	Amarillo / Gris 70%

Tabla 6.5. Tipos de Capa, Grosos de línea y color utilizado.








RELACIONES FÍSICAS		
		Traba coetánea o enjarje
		Superposición/Adosamiento simple
		Superposición con ruptura/Adosamiento con encastre
		Taponamiento-cegamiento de vano o emparchado
		Revestimiento
		Erosión y falta de material superficial
		Ruptura superficial o grieta

Tabla 6.6. Tipos de relaciones, símbolos y definición.

3.6.2.5. Creación de las Unidades Estratigráficas (UE) en 3D con Blender

Tras generar la reconstrucción tridimensional mediante el software Photoscan, u otro software de fotogrametría, exportaremos en formato Collada, con extensión*.dae el modelo. Se deben tomar algunas precauciones antes de hacerlo, siguiendo la misma metodología del apartado 3.7.2.2.

En primer lugar, se deben cerrar todos los pequeños agujeros que puedan existir en la malla, bien desde el software Photoscan, o desde el software libre Meshlab (Meshlab, 2017). En segundo lugar, es recomendable reducir el número de polígonos existentes en el mallado para evitar problemas. Por último, georreferenciaremos el modelo a un sistema de coordenadas local, por tanto, si el modelo se va a trasladar a un sistema CAD, el mismo fichero puede ser usado para la generación de las UUEE tridimensionales.

La reducción del número de polígonos dependerá en gran medida del equipo informático utilizado para el trabajo y de la complejidad del mismo, pero por norma general un número de caras cercano a 500 mil o 1 millón es suficiente para seguir manteniendo definida correctamente la geometría. En caso de que este número de caras fuera insuficiente, deberemos dividir la excavación en diferentes sectores antes de exportarlos desde Photoscan o Meshlab para posteriormente ubicarlos en Blender. No será necesario exportar la textura, ya que se generará una para cada UE. No obstante, se puede exportar la textura y mantener ambas para realizar videos o recreaciones virtuales con la textura original.

En caso de no utilizar el software fotogramétrico Photoscan, y en su lugar hacer uso de escáner láser o de un software fotogramétrico open source. Se deberá pasar antes por el software libre Meshlab. Con este programa lo primero que haremos será mallar la nube de puntos obtenida. Una vez mallada, se cerrarán los agujeros y se disminuirá su número de caras tal y como se haría con Photoscan. Una vez obtenida la superficie, se exportará en formato Collada *.dae.

1) Importación del modelo tridimensional

El modelo tridimensional se importará en Blender, para evitar problemas es recomendable importar el modelo sin georreferenciar, ya que por norma la excavación se encontrará muy alejada del eje de coordenadas 0,0,0, y, por tanto, puede ocasionar problemas en el software Blender, (Blender, 2017). Para ello el modelo puede trasladarse a un sistema de coordenadas local en el propio Blender o antes de llevar a cabo la exportación, siendo esto último lo recomendable.

Otro de los problemas que pueden suceder en este punto es la diferencia de unidades entre softwares, para ello tendremos que comprobar las medidas en Blender y corregirlas según el caso mediante un escalado del modelo.

La figura 6.31 muestra una sección del sondeo de la Nave 17 en su fase final, Capa 4-17, importado en el software Blender antes de comenzar a trabajar en la malla. La figura 6.32 muestra la tablazón de la cubierta de Capilla Real importada de igual forma. Una vez introducidos los modelos, comprobado que las unidades métricas son las mismas de origen, y su orientación correcta, pasaremos a dividir la malla en las distintas unidades estratigráficas determinadas por el arqueólogo director de la intervención.

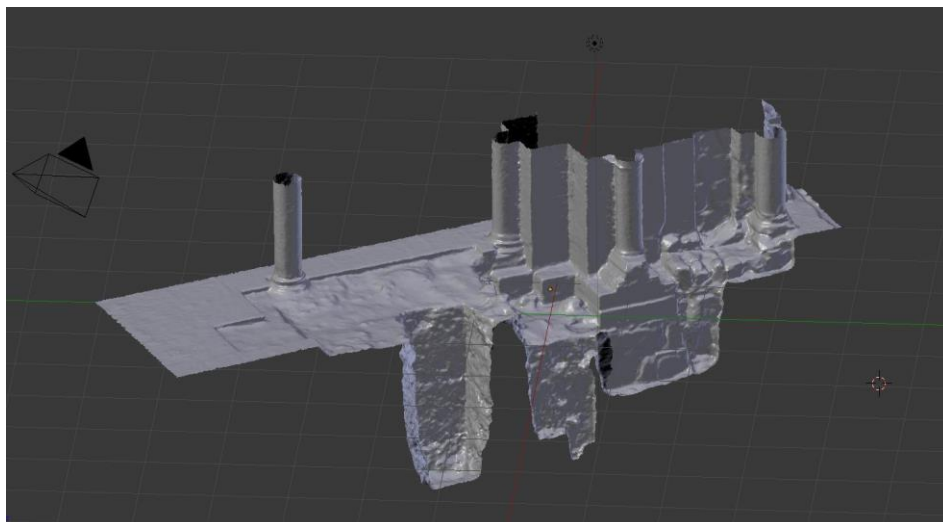


Figura 6.31. Sección Oeste del sondeo de la nave 17 insertado en Blender.

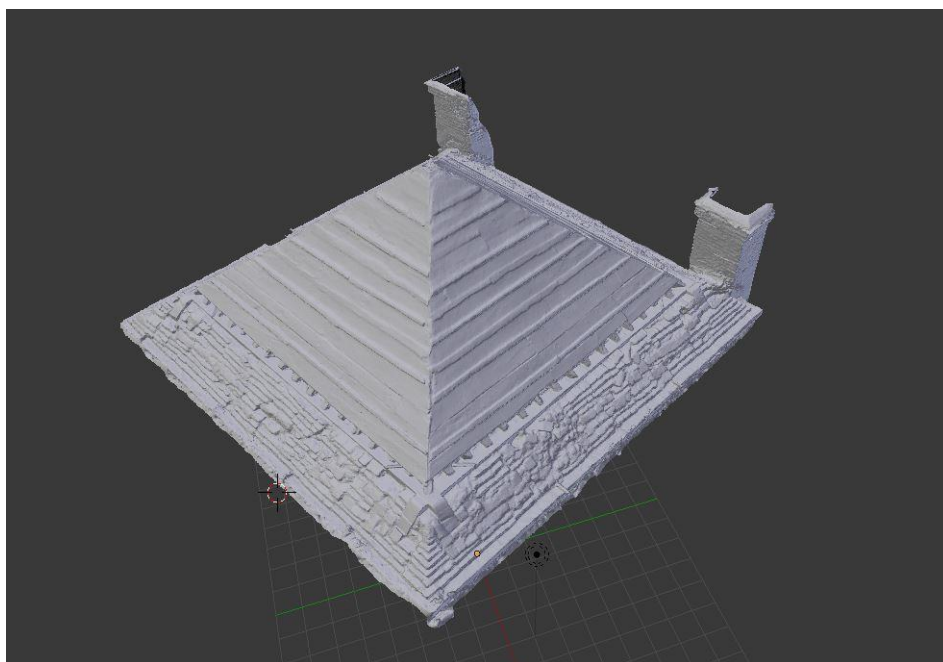


Figura 6.32. Tablazón de la cubierta de Capilla Real insertado en Blender.

II) Dividir las Unidades Estratigráficas

Una vez importado el modelo, se deben identificar cada una de las unidades estratigráficas y separarlas en diferentes mallas, para su posterior coloración e inclusión de la información arqueológica.

Para dividir la malla el primer paso será entrar en el modo edición de Blender, esto se puede hacer pulsando la tecla *Tabulador* teniendo la malla previamente seleccionada. Para seleccionar la malla podremos hacerlo con *Clic Derecho* sobre la misma, o desde el menú desplegable en la parte superior derecha de la ventana. La otra opción para entrar en el modo edición es a través del menú desplegable mostrado en la Figura 6.33 haciendo *clic* en *Edit Mode*.

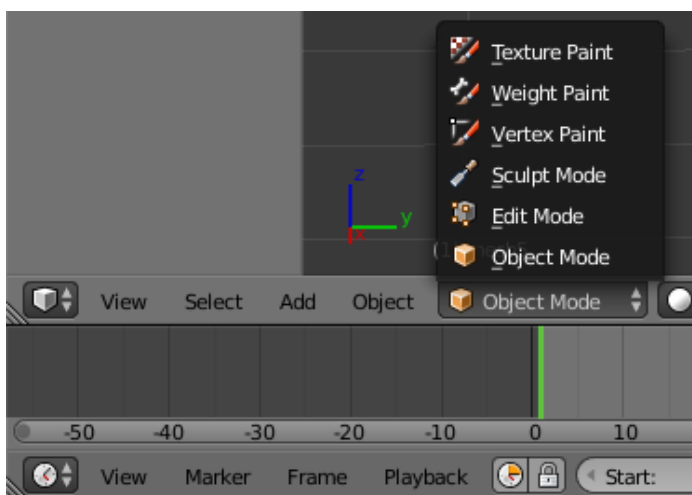


Figura 6.33. Modo edición de Blender a través del menú desplegable.

Una vez en el modo edición, nuestra malla aparecerá con el aspecto mostrado en la Figura 6.34. Se deberá con paciencia ir seleccionando las áreas que se quieran dividir, para ello se usará la combinación *Ctrl+Click izquierdo* dibujando un lazo entorno a los triángulos o vértices que se quieran seleccionar, o pulsando la tecla *B* y haciendo un rectángulo para seleccionar.

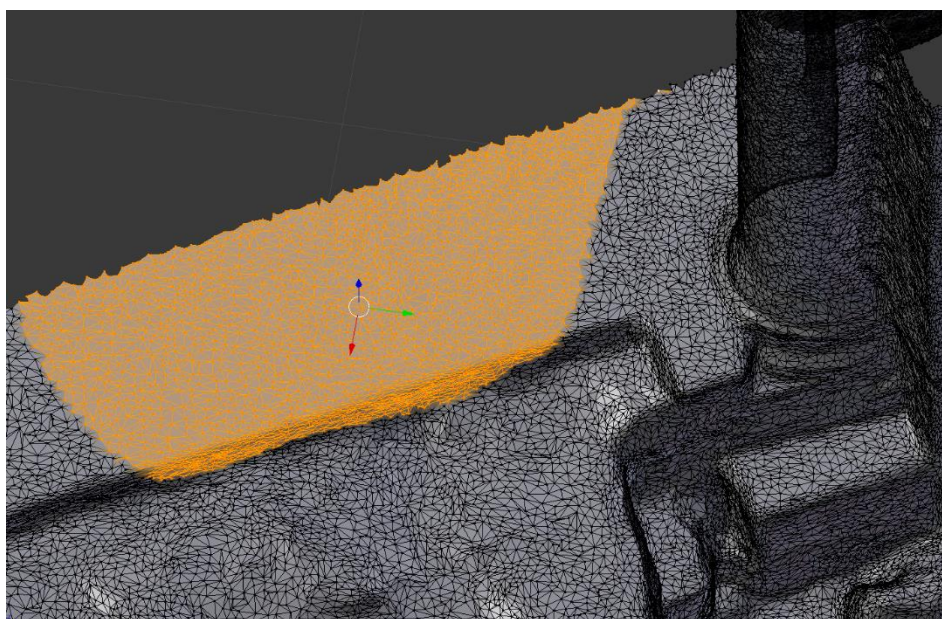


Figura 6.34. Proceso de selección de la malla para dividir la UE.

Una vez seleccionada toda la unidad estratigráfica se pulsa la tecla *P*, y se divide la malla por Selección, de esta forma será creada una malla nueva a partir de la malla general, Figura 6.35. El mismo procedimiento se deberá seguir para cada una de las unidades estratigráficas que contenga la excavación. Como puede observarse, es un trabajo que requiere no solo de práctica con el software para agilizar tiempo, sino también conocimiento de la excavación para identificar rápidamente las distintas unidades sin necesidad de consultar continuamente la documentación o el arqueólogo director.



Figura 6.35. UE lista para ser dividida en una nueva malla.

III) Fases o periodos históricos

Una vez dividida toda la superficie en las distintas unidades estratigráficas se podrán texturizar con colores básicos en función de la fase, o periodo histórico al que pertenezcan. Para ello accederemos desde el menú derecho de la pantalla a la pestaña “Material” habiendo seleccionado la UE que queramos. Una vez en el submenú Material, pulsamos sobre el botón “+” para añadir un nuevo material.

La configuración de este material será muy sencilla, ya que se necesitan colores planos que sirvan para identificar rápidamente las distintas fases y reformas de una excavación o restauración. En la Figura 6.36 se muestra la configuración utilizada para la intensidad de la capa Difusa (*Diffuse*), capa base de nuestra textura, y la capa *Specular*, que será el brillo de la capa.

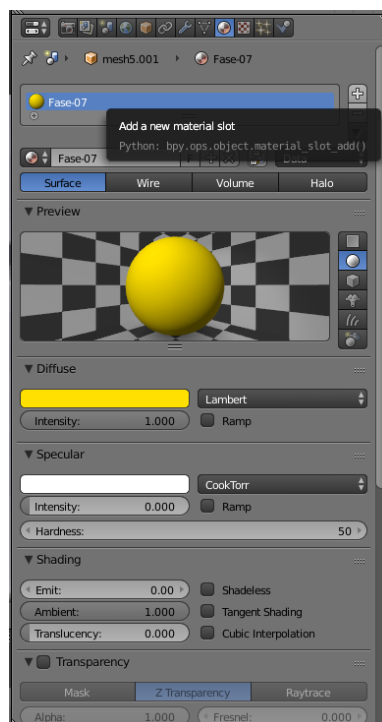


Figura 6.36. Configuración de nuevos materiales para la identificación de fases y periodos en Blender.

Una vez configuradas todas las unidades estratigráficas obtendremos un modelo como el mostrado en las Figuras 6.37, 6.38, y 6.39. En ellas se muestran las fases y las unidades estratigráficas de las Tejas, la Tablazón, y los Pares del desmonte de la cubierta de Capilla Real durante el proceso de restauración.

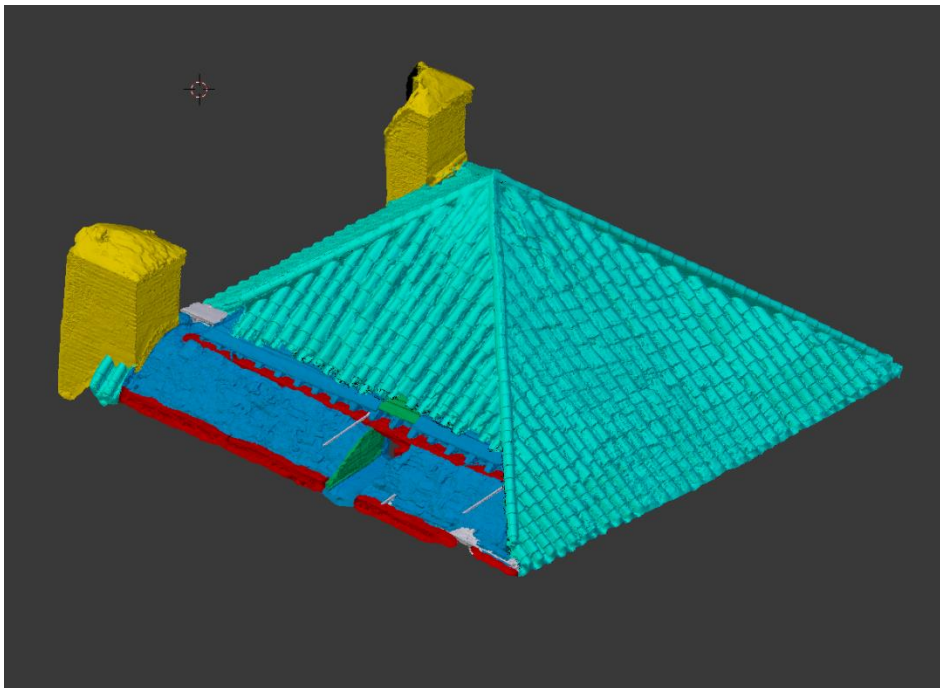


Figura 6.37. Fases de las tejas y contrafuertes de la cubierta de Capilla Real.

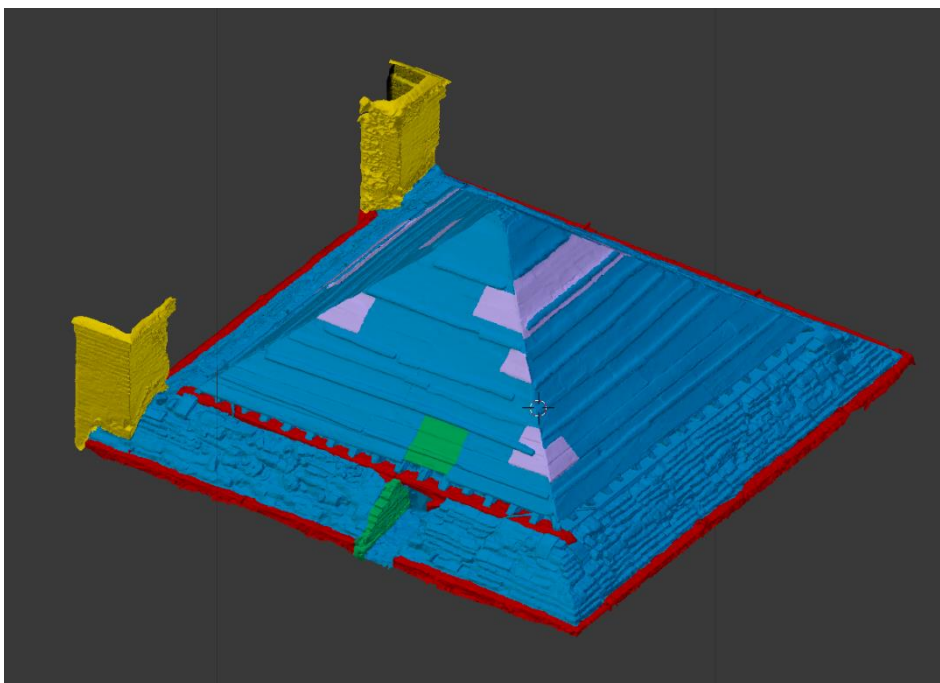


Figura 6.38. Fases de la tablazón de la cubierta de Capilla Real.

Una vez separadas las distintas mallas, y texturizadas según su fase o periodo histórico, existen dos posibilidades. En primer lugar, podrían exportarse cada una de las unidades estratigráficas en formato collada (*.dae) para posteriormente importarlas en un software

SIG como ArcGIS y su módulo ArcScene. Esta metodología, como se ha analizado en la introducción al capítulo, ya ha sido estudiada por otros investigadores. La ventaja en este caso sería que la malla ya estaría dividida en las diferentes unidades estratigráficas y podrían asignárseles datos de forma individual a cada una de ellas.

La segunda opción sería introducir datos en el propio Blender a la vez que se divide la malla principal, de forma que cada UE cuente con sus datos arqueológicos propios.

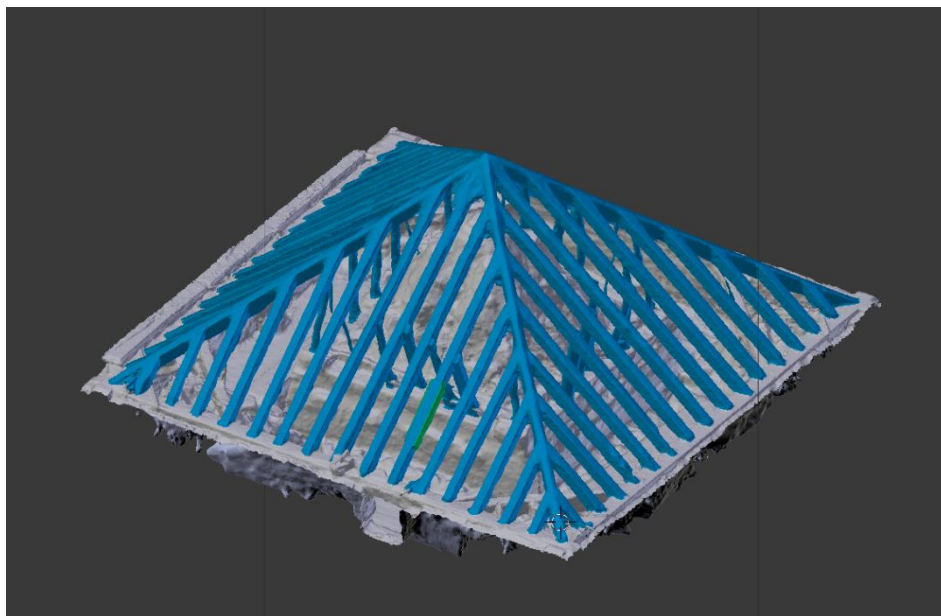


Figura 6.39. Fases de los Pares y Codales de la cubierta de Capilla Real.

IV) Incluir información en Blender – Script

Para poder incluir información en cada una de las mallas se ha escrito un script en lenguaje Python, el usado por Blender. Este Script deberá cargarse al inicio del programa o bien elegir que se cargue como predeterminado siempre que iniciemos el software. El Script se muestra a continuación y a lo largo del mismo aparecen comentarios para indicar para que sirven las líneas de programación escritas.

```
import bpy

from bpy.props import (StringProperty,
                        BoolProperty,
                        IntProperty,
                        FloatProperty,
                        FloatVectorProperty,
                        EnumProperty,
                        PointerProperty,
                        )
from bpy.types import (Panel,
                        Operator,
                        AddonPreferences,
                        PropertyGroup,
                        )

#-----
"""Autor: Rafael Ortiz Cordero. Ingeniero Empresa: Cabildo Catedral de Córdoba"""

#-----
# store properties in the active scene. Para mostrar los Checkbox
#-----

class MySettings(PropertyGroup):

    my_bool = BoolProperty(
        name="Enable or Disable",
        description="A bool property",
        default = False
    )
#-----

class Arqueologia(bpy.types.Panel):
    """Crea un Panel para introducir y visualizar datos arqueologicos"""
    """De la línea 6 a 9 indicamos como se llamará y donde se ubicará la nueva pestaña"""
    bl_label = "Arqueología"
    bl_space_type = "PROPERTIES"
    bl_region_type = "WINDOW"
    bl_context = "object"
    """En estas líneas insertamos nuevas propiedades en el objeto y ponemos el tipo de
    campo que tendra, entero, texto"""
    bpy.types.Object.name = bpy.props.StringProperty(name = "")
    bpy.types.Object.sector = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.corte = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.UC = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.Ambito = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.Elemento = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.Hueco = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.UE = bpy.props.IntProperty(name = "")
    bpy.types.Object.UR = bpy.props.IntProperty(name = "")
```

```

bpy.types.Object.NC = bpy.props.IntProperty(name = "")
bpy.types.Object.CMax = bpy.props.IntProperty(name = "")
bpy.types.Object.CMin = bpy.props.IntProperty(name = "")
#BoolProperty para los Checkbox
bpy.types.Object.cuarcitas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.granito = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.calizas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.pizarra = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.limos = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.arcillas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.cantos = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.esquisto = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.arenas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.calcarenitas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.otros = bpy.props.StringProperty(name = "")
bpy.types.Object.carbon = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.madera = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.matd = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.semillas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.roh = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.roa = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.otros1 = bpy.props.StringProperty(name = "")
bpy.types.Object.ceramica = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.tejas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.ladrillos = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.tegulas = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.vidrio = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.metal = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.escoriav = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.escoriam = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.otros2 = bpy.props.StringProperty(name = "")

bpy.types.Object.matasoc = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.estrati = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.edilicia = bpy.props.BoolProperty(name = "")
bpy.types.Object.periodo = bpy.props.StringProperty(name = "")
bpy.types.Object.fase = bpy.props.StringProperty(name = "")
bpy.types.Object.cronologia = bpy.props.StringProperty(name = "")

""""En estas líneas decimos como queremos que se visualice""""
def draw(self, context):
    layout = self.layout
    obj = bpy.context.object

    row = layout.row()
    row.label(text="Active object is: " + obj.name)
    row = layout.row()
    row.label(text="Signatura")
    row.prop(obj, "name")

    split = layout.split()

```

```

col = split.column(align=True)

col.label(text="Sector", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Corte", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Unidad Constructiva(UC)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Ámbito", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Elemento (EL)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Hueco (HC)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Unidad Estatigráfica (UE)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Unidad Reconstrucción (UR)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Nivel de Certidumbre (NC)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Cota Máxima (CMax)", icon='WORLD_DATA')
col.label(text="Cota Mínima (CMin)", icon='WORLD_DATA')
col = split.column(align=True)
col.prop(obj, "sector")
col.prop(obj, "corte")
col.prop(obj, "UC")
col.prop(obj, "Ambito")
col.prop(obj, "Elemento")
col.prop(obj, "Hueco")
col.prop(obj, "UE")
col.prop(obj, "UR")
col.prop(obj, "NC")
col.prop(obj, "CMax")
col.prop(obj, "CMin")

row = layout.row()
row.label(text="Componentes Inorgánicos", icon="WORLD_DATA")

row = layout.row()
#Para mostrar los checkboxes
row.column().prop(obj, "cuarcitas", text="Cuarcitas")
# check if bool property is enabled
if (obj.cuarcitas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "granito", text="Granito")
# check if bool property is enabled
if (obj.granito == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "calizas", text="Calizas")
# check if bool property is enabled
if (obj.calizas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

```

```
row.column().prop(obj, "pizarra", text="Pizarra")
# check if bool property is enabled
if (obj.pizarra == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "limos", text="Limos")
# check if bool property is enabled
if (obj.limos == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "arcillas", text="Arcillas")
# check if bool property is enabled
if (obj.arcillas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

row.column().prop(obj, "arenas", text="Arenas")
# check if bool property is enabled
if (obj.arenas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "esquisto", text="Esquisto")
# check if bool property is enabled
if (obj.esquisto == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "calcarenitas", text="Calcarenitas")
# check if bool property is enabled
if (obj.calcarenitas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

row.column().prop(obj, "cantos", text="Cantos rodados")
# check if bool property is enabled
if (obj.cantos == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "otros", text="Otros")
```

Orgánicos

```
row = layout.row()
row.label(text="Componentes Orgánicos", icon="WORLD_DATA")

row = layout.row()
#Para mostrar los checkbox
row.column() .prop(obj, "carbon", text="Carbón")
# check if bool property is enabled
if (obj.carbon == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column() .prop(obj, "madera", text="Madera")
# check if bool property is enabled
if (obj.madera == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column() .prop(obj, "matd", text="Materia Descomp.")
# check if bool property is enabled
if (obj.matd == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

row.column() .prop(obj, "semillas", text="Semillas")
# check if bool property is enabled
if (obj.semillas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column() .prop(obj, "roh", text="ROH")
# check if bool property is enabled
if (obj.roh == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column() .prop(obj, "roa", text="ROA")
# check if bool property is enabled
if (obj.roa == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()
row.column() .prop(obj, "otros1", text="Otros")
```

Artificiales


```
row = layout.row()
row.label(text="Componentes Artificiales", icon="WORLD_DATA")

row = layout.row()
#Para mostrar los checkbox
row.column().prop(obj, "ceramica", text="Cerámica")
# check if bool property is enabled
if (obj.ceramica == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "tejas", text="Tejas")
# check if bool property is enabled
if (obj.tejas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "ladrillos", text="Ladrillos")
# check if bool property is enabled
if (obj.ladrillos == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

row.column().prop(obj, "teglas", text="Tégulas")
# check if bool property is enabled
if (obj.teglas == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "vidrio", text="Vidrio")
# check if bool property is enabled
if (obj.vidrio == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")
row.column().prop(obj, "metal", text="Metal")
# check if bool property is enabled
if (obj.metal == True):
    print ("Property Enabled")
else:
    print ("Property Disabled")

row = layout.row()

row.column().prop(obj, "escoriav", text="Escoria Vidrio")
# check if bool property is enabled
if (obj.escoriav == True):
```



```

        print ("Property Enabled")
    else:
        print ("Property Disabled")
    row.column() .prop(obj, "escoriam", text="Escoria Metal")
    # check if bool property is enabled
    if (obj.escoriam == True):
        print ("Property Enabled")
    else:
        print ("Property Disabled")

    row = layout.row()
    row.column() .prop(obj, "otros2", text="Otros")

```

#Criterio de datación

```

    row = layout.row()
    row.label(text="Criterios de datación", icon="WORLD_DATA")

    row = layout.row()

    row.column() .prop(obj, "matasoc", text="Mat. asociado")
    # check if bool property is enabled
    if (obj.matasoc == True):
        print ("Property Enabled")
    else:
        print ("Property Disabled")
    row.column() .prop(obj, "estrati", text="Pos. estratigráfica")
    # check if bool property is enabled
    if (obj.estrati == True):
        print ("Property Enabled")
    else:
        print ("Property Disabled")
    row.column() .prop(obj, "edilicia", text="Téc. edilicia")
    # check if bool property is enabled
    if (obj.edilicia == True):
        print ("Property Enabled")
    else:
        print ("Property Disabled")

```

```

#-----
# Hasta aquí CheckBox
#-----

```

```

    row = layout.row(align=True)
    row.label(text="Período")
    row.prop(obj, "periodo")
    row = layout.row(align=True)

    row.label(text="Fase")
    row.prop(obj, "fase")

    row = layout.row(align=True)

```

```
row.label(text="Cronología")
row.prop(obj, "cronologia")
row = layout.row()

def register():
    bpy.utils.register_class(Arqueologia)
    bpy.utils.register_class(MySettings)

def unregister():
    bpy.utils.unregister_class(Arqueologia)
    bpy.utils.unregister_class(MySettings)

if __name__ == "__main__":
    register()
```

El Script creado podremos cargarlo en Blender a través del menú File – User Preferences – Add-Ons. Aquí cargaremos el fichero y podremos seleccionar que se ejecute el script en cada inicio del software, de forma que siempre lo tengamos listo.

El aspecto definitivo de nuestro Script es el mostrado en la Figura 6.40, la cual muestra los datos de la UE54 de la cubierta de Capilla Real. Estos datos permanecerán siempre vinculados a cada una de las mallas y podremos exportarlos para incluirlos en un SIG, para ello hará falta escribir de nuevo un pequeño Script que nos permita Exportar los datos en un documento de texto *.txt.

The image shows a Blender interface window titled 'Durmiente'. It contains a panel for 'Arqueología' (Archaeology) with various data entry fields and checkboxes. The 'Active object is: Durmiente' is noted at the top. The 'Signatura' field contains 'Durmiente'. Below it, a list of archaeological units with numerical values is shown:

Unit	Value
Sector	0
Corte	231
Unidad Constructiva(UC)	75
Ambito	0
Elemento (EL)	0
Hueco (HC)	0
Unidad Estratigráfica (UE)	54
Unidad Reconstrucción (UR)	0
Nivel de Certidumbre (NC)	8
Cota Máxima (CMax)	0
Cota Mínima (CMin)	0

Below this table are sections for 'Componentes Inorgánicos' (Inorganic Components), 'Componentes Orgánicos' (Organic Components), and 'Componentes Artificiales' (Artificial Components). Each section contains a grid of checkboxes for different materials. For example, in the 'Componentes Orgánicos' section, 'Madera' (Wood) is checked. At the bottom, there are fields for 'Período' (Period), 'Fase' (Phase), and 'Cronología' (Chronology), with 'Fase' currently set to 'PIII/F5'. The 'Transform' panel is partially visible at the bottom.

Figura 6.40. Resultado final del Script de Arqueología diseñado en Blender.

V) Exportar la información – Script



Figura 6.41. Resultado final del Script de Exportación diseñado en Blender.

El resultado de este Script será el mostrado en la Figura 6.41, obtendremos un botón que aparecerá al final de las propiedades de nuestra malla en el panel derecho de Blender. Pulsando el botón, exportaremos los datos en formato .txt, obteniendo el resultado mostrado en la Figura 6.42. La exportación se realizará en el escritorio del ordenador, en una carpeta llamada UUEE y en la cual aparecerá el txt. El documento estará formado por dos líneas, la superior tendrá el encabezado de cada una de las columnas, y la segunda los datos introducidos. De esta forma podremos fácilmente introducir el .txt en cualquier SIG o base de datos.

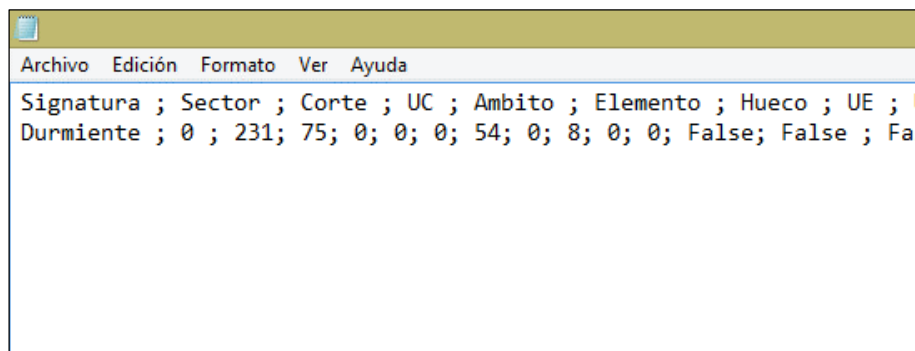


Figura 6.42. Resultado de la exportación en formato txt de los datos arqueológicos.


```
path = "C:/Users/Rafael/Desktop/UUEE/"
os.makedirs(path, exist_ok=True)

# Write data out (string)
with open(path + "Datos_Arqueo.txt", "w") as file:
    file.write("%s\n%s" % (datos, export))

# -----
#Crea un operador

class ExportArqueologia(bpy.types.Operator):
    """Tooltip"""
    bl_idname = "expops.export_arqueologia"
    bl_label = "Exporta Txt"

    @classmethod
    def poll(cls, context):
        return context.active_object is not None

    def execute(self, context):
        main(context)
        return {'FINISHED'}

# -----
#Añade Botón

class ExportDataObject(bpy.types.Panel):
    """Creates a Panel in the Object properties window"""
    bl_label = "Exportar Datos Arqueológicos"
    bl_idname = "OBJECT_PT_exportar"
    bl_space_type = 'PROPERTIES'
    bl_region_type = 'WINDOW'
    bl_context = "object"

    def draw(self, context):
        layout = self.layout

        row = layout.row()
        row.operator("expops.export_arqueologia")

def register():
    bpy.utils.register_class(ExportArqueologia)
    bpy.utils.register_class(ExportDataObject)

def unregister():
    bpy.utils.unregister_class(ExportArqueologia)
    bpy.utils.unregister_class(ExportDataObject)

if __name__ == "__main__":
    register()
```

```
# test call  
# bpy.ops.expops.export_arqueologia()
```

El directorio donde se creará la carpeta debe ser modificado en cada caso en función del nombre de usuario elegido al instalar el Sistema Operativo Windows. Se realizará la exportación de todos los datos de todas las mallas seleccionadas, por tanto, podremos exportar en un único *.txt todos los datos de nuestro modelo de una sola vez.

Debido a que cada UE tiene su propia signatura o ID, no habrá ningún problema al exportar todos los datos en un mismo fichero *.txt para posteriormente introducir los datos en el software SIG o Base de datos.

3.6.2.6. Difusión con Sketchfab

Para la difusión de los modelos tridimensionales generados durante restauraciones o excavaciones arqueológicas podremos hacer uso de la web Sketchfab. Sketchfab es una web para publicar y compartir de forma interactiva modelos tridimensionales (Sketchfab, 2017). La web permite la difusión de archivos 3D sin necesidad de instalar o conocer el manejo de ningún software tridimensional. Sketchfab es para el 3D lo que Youtube para los videos, ya que permite 28 formatos diferentes de archivos 3D, comentarios, “Me Gusta” y compartir nuestros modelos en redes sociales (Forbes, 2013).

Para alojar nuestros modelos en Sketchfab deberemos seguir una serie de pautas para obtener unos óptimos resultados.

Paso 1: No Georreferenciar el modelo tridimensional. Para escalarlo podremos usar un sistema de coordenadas locales. Si al alojar el modelo en la web obtenemos un modelo pixelado, será porque estaba georreferenciado.

Paso 2: Reducir la malla todo lo posible, esto facilitará que el modelo sea cargado rápidamente, y la posibilidad de ser visualizado en dispositivos móviles de bajas prestaciones. 50 mil o 100 mil caras servirán.

Paso 3: Calcular una textura lo más pequeña posible. Al igual que antes, esto facilitará la carga rápida y una visualización fluida en dispositivos móviles. En el trabajo presente se han utilizado mallas de 2048 pixels para los modelos de pequeño tamaño y 4098 pixels para las últimas fases de la excavación.

Paso 4: Exportar el modelo tridimensional en formato .3ds, este formato reduce el tamaño del fichero exportado, siendo de esta forma más rápida la subida y descarga del fichero en Sketchfab.

Paso 5: Subida del fichero a Sketchfab y rellenar los campos clave, como nombre, descripción, etiquetas y cualquier dato de interés que sirva para facilitar la difusión de nuestro modelo tridimensional.

Paso 6: Configuración del modelo 3D y su visualización en Sketchfab, fondo, iluminación, forma de renderizado y posición inicial.

Paso 7: Colocación de marcadores y descripción de los mismos. Quizás este sea el paso más interesante, ya que nos permitirá colocar marcadores (versiones Pro y Business) para focalizar la atención del espectador, o explicar distintas zonas de nuestro modelo tridimensional.

Siguiendo los pasos arriba descritos, se han introducido todos los modelos tridimensionales llevados a cabo para la documentación en 4D de la excavación del sondeo de la Nave 17 de la Mezquita-Catedral de Córdoba. A continuación, se muestran cada uno de los levantamientos con un link y un código QR hacia los modelos tridimensionales y los marcadores generados.

Además, ha sido habilitado un link en la web de Cabildo Catedral de Córdoba, (<https://mezquita-catedraldecordoba.es/investigacion/otros-proyectos/puerta-celosia-nave-17-memoria-preliminar/>) con todos los modelos tridimensionales. Asimismo, han sido difundidas algunas de las fases de excavación a través del perfil de Facebook de la institución. Gracias al uso de Sketchfab y los modelos tridimensionales generados, podrá ser difundida no solo la excavación, sino también los datos hallados, su significado y la época de los mismos, ayudando de esta forma a la difusión del Patrimonio Cultural.

Animamos al lector a visitar los links de los levantamientos, así como la web del Cabildo Catedral de Córdoba para estar informados de las últimas novedades e investigaciones llevadas a cabo en este Monumento Patrimonio de la Humanidad.

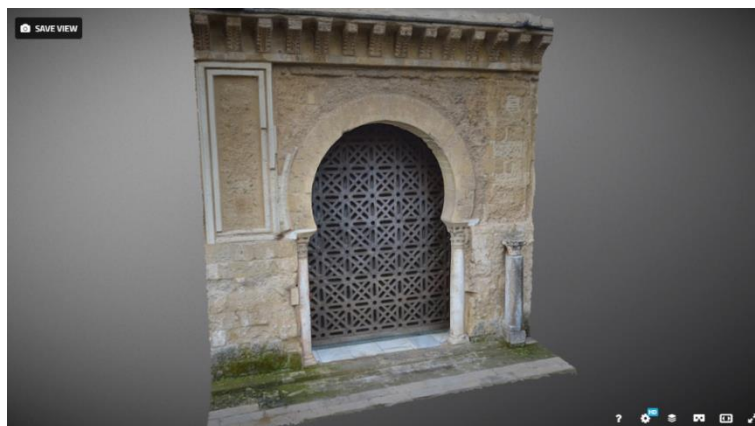
Sondeo. Exterior Previo.

<https://sketchfab.com/models/cecd924b791c4deb9e0bd75821bfc62e>

Modelo tridimensional del exterior de la facha Norte del Patio de los Naranjos previo a la retirada de la celosía y el inicio de los trabajos arqueológicos.



Celosía Exterior



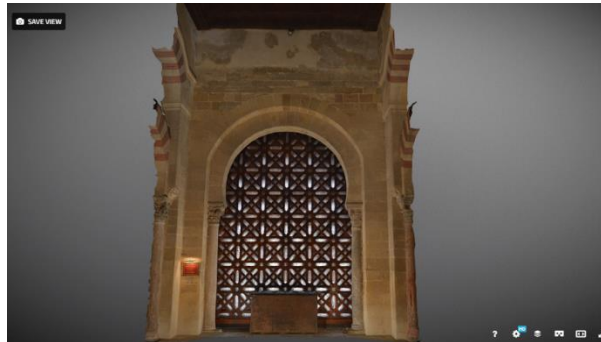
Sondeo. Interior Previo.

<https://sketchfab.com/models/8d4f1ce18f2343f5b988805118052b2a>

Modelo tridimensional del interior del vano previo a la retirada de la celosía y el inicio de los trabajos arqueológicos.



Celosía Interior



Subsondeo 1. Levantamiento 1-1

<https://sketchfab.com/models/661c399fc51f48fe9e896b27ddbd21ae>

El modelo tridimensional muestra el estado inicial de la intervención arqueológica y su extensión. Pone de manifiesto las distintas intervenciones sobre el pavimento de mármol y las jambas del arco. Pulsando sobre cada marcador obtendrá información detallada de cada elemento y su datación.



Levantamiento 1-1



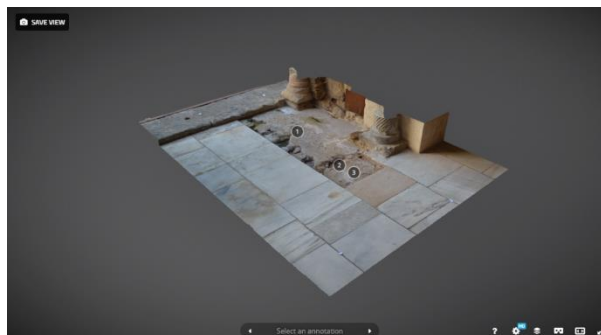
Subsondeo 1. Levantamiento 1-2

<https://sketchfab.com/models/4429fc749a3349e3bec58bff4f7cc210>

Primera capa de morteros tras la retirada de las losas de mármol del pavimento.



Levantamiento 1-2



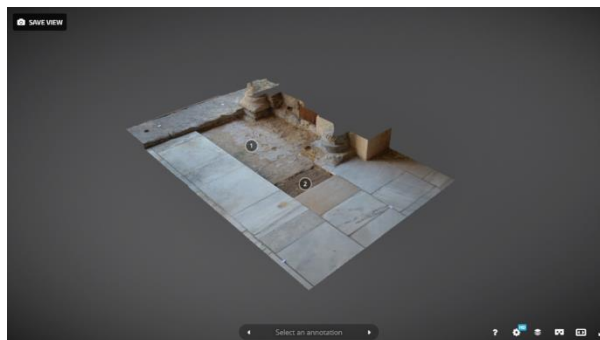
Subsondeo 1. Levantamiento 1-3

<https://sketchfab.com/models/e8a213daf96f432987f75f13387b2022>

En esta capa aparece la cimentación de la celosía llevada a cabo en la década de 1970 y la afección que provocó en la cimentación del muro erigido por ‘Abd al-Rahman III. Durante la instalación de la celosía se llevó a cabo una cimentación de cemento de 10 cm de espesor debido al elevado peso que tendría la celosía una vez terminada.



Levantamiento 1-3



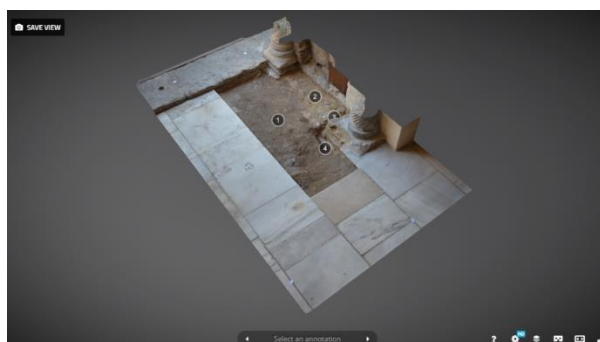
Subsondeo 1. Levantamiento 1-4

<https://sketchfab.com/models/56cb30611d8b4c85866cb701d7ce5e79>

Capas de arena de nivelación para la cimentación de la celosía y el pavimento. Se muestra también parte de la cimentación del muro de Abd’ al-Rahman III y la zanja de cimentación de la reforma Bajomedieval.



Levantamiento 1-4



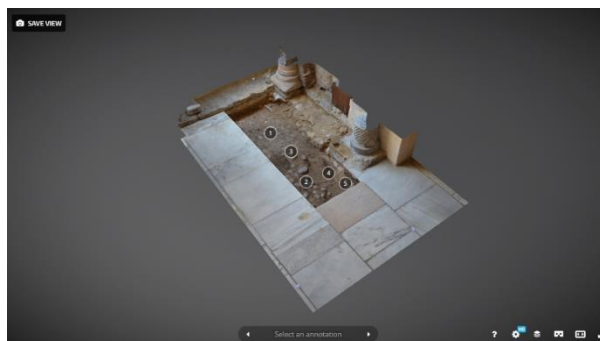
Subsondeo 1. Levantamiento 1-5

<https://sketchfab.com/models/b832ebdcc262479da0b67beeb11836a3>

Pavimento de cantos de río (capa de preparado) y capa de nivelación de época Bajomedieval sobre los cantos de río y la cimentación de ‘Abd al-Rahman III.



Levantamiento 1-5



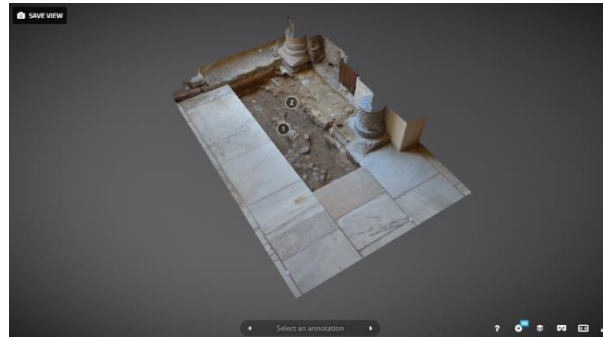
Subsondeo 1. Levantamiento 1-6

<https://sketchfab.com/models/27c6027064fd4383bc81a53ce2ab4468>

Pavimento de cantos de río e interfaces vertical de la cimentación del muro de ‘Abd al-Rahman III, la cual corta al pavimento de cantos de río.



Levantamiento 1-6



Subsondeo 1. Levantamiento 1-7

<https://sketchfab.com/models/c3c6d449547041ef844b593d2a07bb39>

Capa final del Subsondeo 1. En ella se muestra el pavimento de cantos, la cimentación del muro de ‘Abd al-Rahman III y la cimentación Bajomedieval de la parte reformada del arco.



Levantamiento 1-7



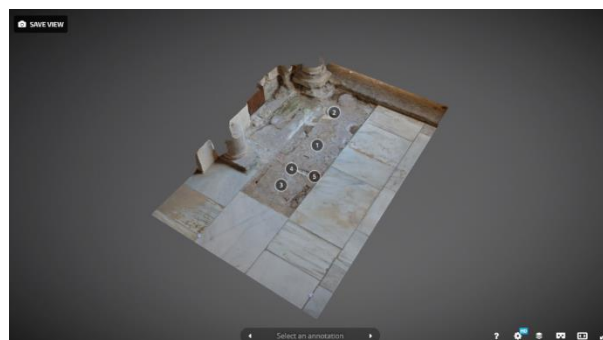
Subsondeo 2. Levantamiento 2-1

<https://sketchfab.com/models/6ed6c8eb64ee489bb180f8d2250f8e9a>

Primera capa de morteros tras la retirada de las losas de mármol del pavimento. Sobre el modelo se han marcado cada uno de los morteros y parte de su composición.



Levantamiento 2-1



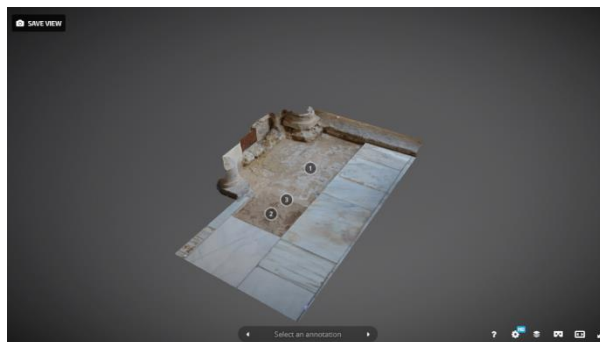
Subsondeo 2. Levantamiento 2-2

<https://sketchfab.com/models/04d8f52863f246e7ac8a57ddf11ce1e9>

En esta capa aparece la cimentación de la celosía llevada a cabo en la década de 1970 y la afección que provocó en la cimentación del muro erigido por ‘Abd al-Rahman III. Durante la instalación de la celosía se llevó a cabo una cimentación de 10 cm de espesor debido al elevado peso que tendría la celosía una vez terminada.



Levantamiento 2-2



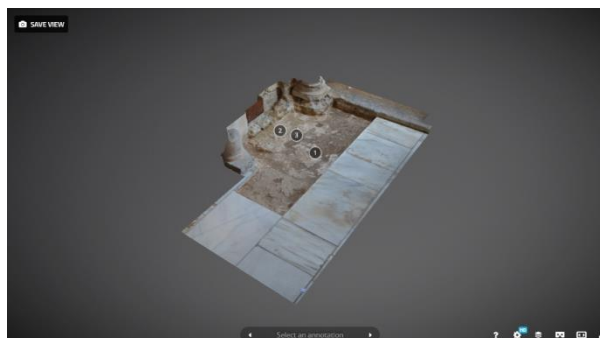
Subsondeo 2. Levantamiento 2-3

<https://sketchfab.com/models/6668a98e13934bbd9da640acdb7ca86a>

Capas de arena de nivelación para la cimentación de la celosía y el pavimento. Se muestra también parte de la cimentación del muro de Abd’ al-Rahman III.



Levantamiento 2-3



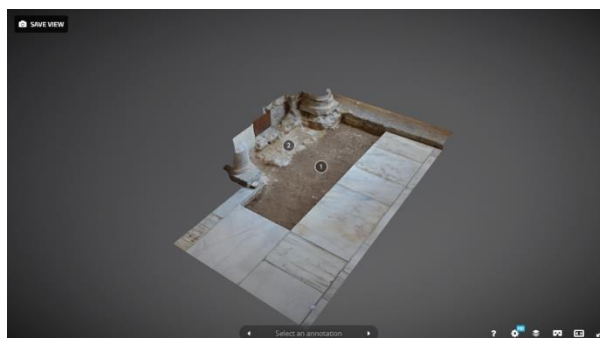
Subsondeo 2. Levantamiento 2-4

<https://sketchfab.com/models/4d4c3c41c7024daf91ae991d80aa70d9>

Capa de arena de nivelación para la cimentación de la celosía. Se muestra también parte de la cimentación del muro de Abd’ al-Rahman III. La capa de nivelación cubre parte de la cimentación de dicho muro.



Levantamiento 2-4



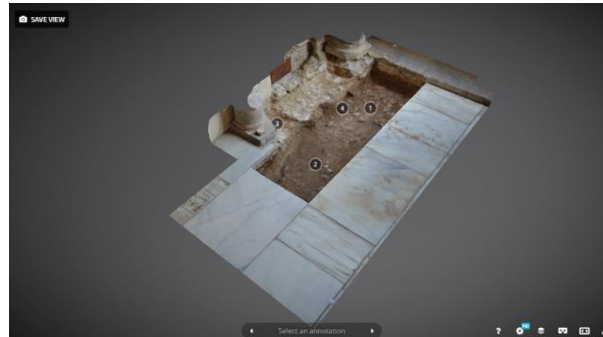
Subsondeo 2. Levantamiento 2-5

<https://sketchfab.com/models/14f298754c8c460eb601d5d6ca89a3e9>

Capa de nivelación de época Bajomedieval que cubre parte de la cimentación Califal y Bajomedieval de la jamba oeste del arco.



Levantamiento 2-5



Subsondeo 2. Levantamiento 2-6

<https://sketchfab.com/models/f8a6082b44eb40229c2638c70559ca87>

Pavimento de cantos de río (capa de preparado) e interfaces vertical de la cimentación del muro de 'Abd al-Rahman III y de la zanja de cimentación de la reforma Bajomedieval. La zanja corta al pavimento de cantos de río de forma lineal E-W.



Levantamiento 2-6



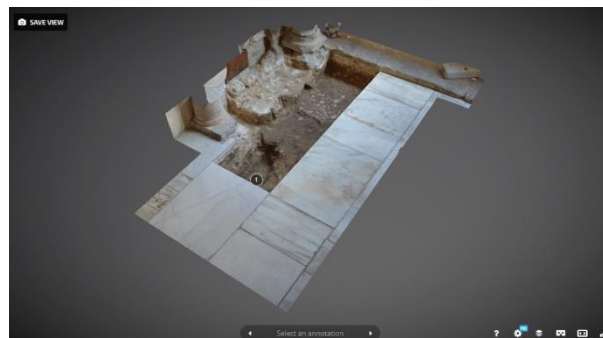
Subsondeo 2. Levantamiento 2-7

<https://sketchfab.com/models/59ac2d91043a49a389e0a7615c2cf833>

Excavación parcial de la zanja de cimentación de la reforma Bajomedieval.



Levantamiento 2-7



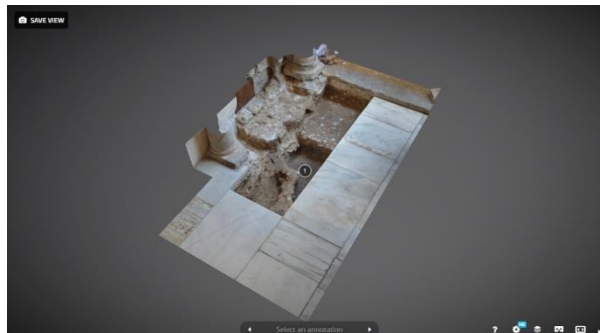
Subsondeo 2. Levantamiento 2-8

<https://sketchfab.com/models/599ada9b2ce542a991f974b55b6169e4>

Excavación de la zanja de cimentación Bajomedieval y estudio del corte recto del pavimento de cantos de río.



Levantamiento 2-8



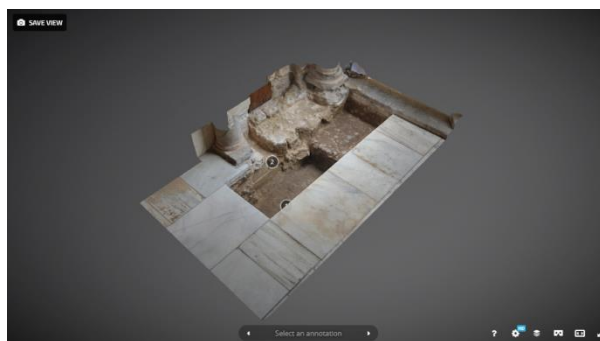
Subsondeo 2. Levantamiento 2-9

<https://sketchfab.com/models/94db17b339f44346b5700d89dc2f4914>

Fase final de la intervención en el Subsondeo 2. El modelo muestra el pavimento de cantos, la cimentación del muro de 'Abd al-Rahman I y la cimentación Bajomedieval del arco reformado.



Levantamiento 2-9



Subsondeo 3. Levantamiento 3-1

<https://sketchfab.com/models/43651354de814dfd8b603e5b23176058>

Ampliación de la excavación hacia el Sur y unión de los dos subsondeos realizados. Muestra el pavimento de losas de mármol con las distintas épocas de colocación del mismo.



Levantamiento 3-1



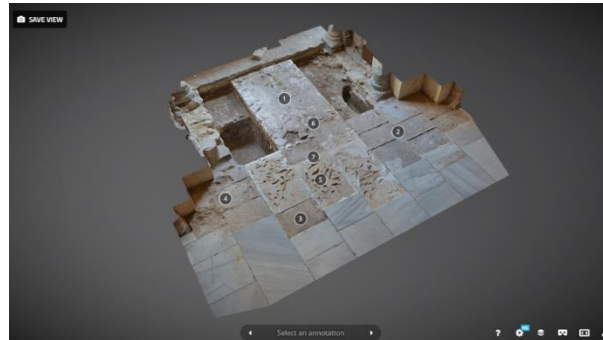
Subsondeo 3. Levantamiento 3-2

<https://sketchfab.com/models/9a6063f5eb774d0c9304b3238a3ab264>

Primera capa de morteros tras el levantamiento de las losas de mármol del pavimento. En esta capa se aprecian las distintas intervenciones llevadas a cabo sobre el pavimento, intervenciones realizadas durante el siglo XX.



Levantamiento 3-2



Subsondeo 3. Levantamiento 3-3

<https://sketchfab.com/models/3624492a770c4d428854546753aaed34>

Cimentación de la celosía llevada a cabo en la década de 1970 y corte de la capa de nivelación del resto del pavimento. Durante la instalación de la celosía se llevó a cabo una cimentación de 10 cm de espesor debido al elevado peso que tendría la celosía una vez terminada.



Levantamiento 3-3



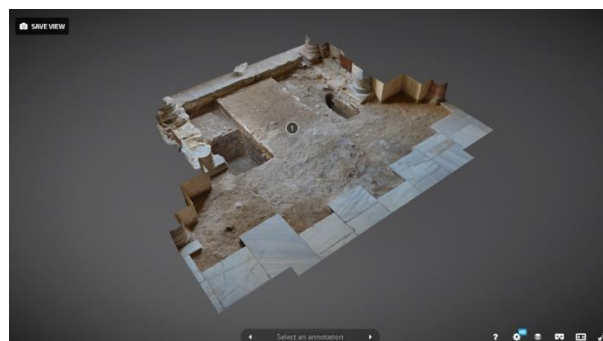
Subsondeo 3. Levantamiento 3-4

<https://sketchfab.com/models/f86aadb180e347329e36daa4db781949>

Capa de arena de nivelación de época Contemporánea previa a la instalación de la celosía. Contiene algún fragmento de cerámica, piedra y ladrillo.



Levantamiento 3-4



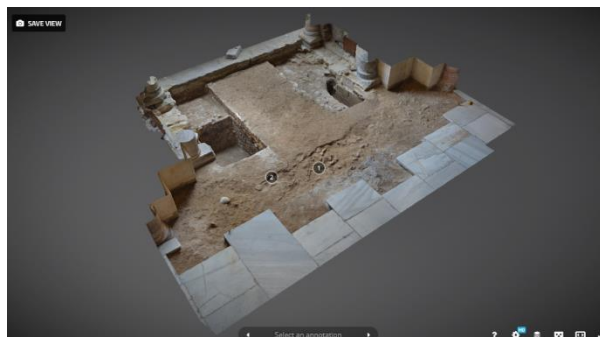
Subsondeo 3. Levantamiento 3-5

<https://sketchfab.com/models/f86aadb180e347329e36daa4db781949>

Zanja irregular de época contemporánea con dirección Este-Oeste. Estrato de arena, ladrillo y tejas rellenando la zanja.



Levantamiento 3-5



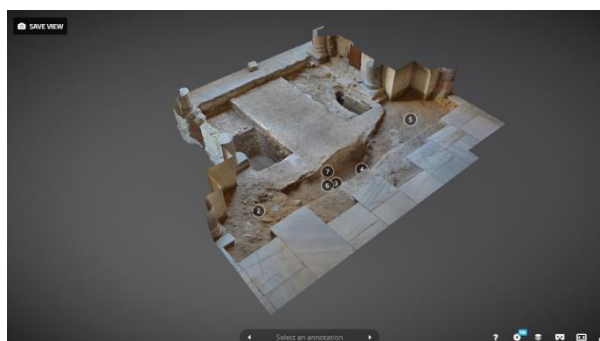
Subsondeo 3. Levantamiento 3-6

<https://sketchfab.com/models/c3ff9bc75a5c486086797c870f3e68a7>

Zanjas de cimentación bajomedievales de las hiladas de columnas este y oeste. La primera capa está formada por arenas de color amarillento bien asentadas con restos de mortero y calcarenitas. Excavación de la zanja E-W.



Levantamiento 3-6



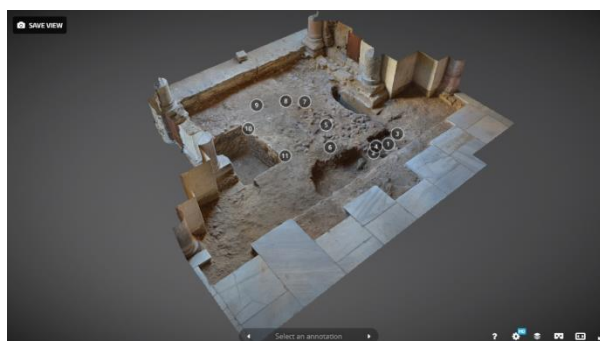
Subsondeo 3. Levantamiento 3-7

<https://sketchfab.com/models/885ba2a1528040658a4f6b543374f260>

Pavimento de cantos de río (capa de preparado), capas de arenas, limos e interfaces verticales de las zanjas de cimentación bajomedievales.



Levantamiento 3-7



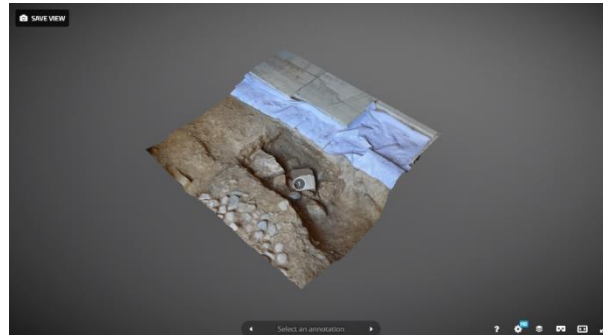
Subsondeo 3. Levantamiento 3-8

<https://sketchfab.com/models/726a25e3854946db99cd084f85d0ea94>

Fosa con rellenos del derrumbe de alguna estructura de composición heterogénea, ladrillos, arenas, morteros, piedra y cerámica. Periodo Bajomedieval.



Levantamiento 3-8



Subsondeo 3. Levantamiento 3-9

<https://sketchfab.com/models/760e57a823ca4ecebeca77cc54f886db>

Primeras capas de las zanjas de cimentación de las hiladas de columnas. Estos rellenos están compuestos por arena, sillarejos, cantos de cuarcita y cerámica. Periodo Bajomedieval



Levantamiento 3-9



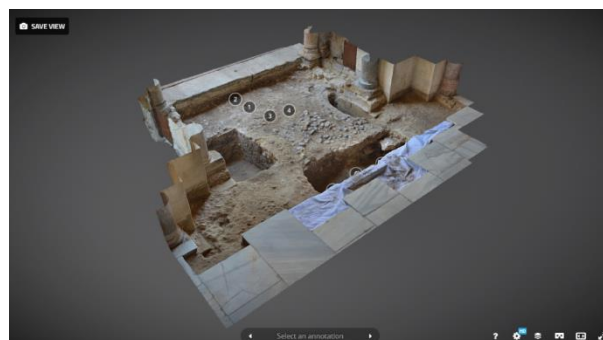
Subsondeo 3. Levantamiento 3-10

<https://sketchfab.com/models/9dae1d5851224389a18cf3106d441302>

Capa de morteros de época bajomedieval. Por su composición y ubicación entendemos que es material de desecho, sobrante o desprendido de algún tipo de obra en el vano. Capa de incendio con restos de carbones sobre la capa de mortero. Excavación de los rellenos de la zanja E-W.



Levantamiento 3-10



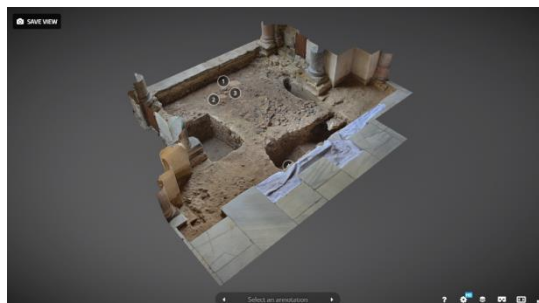
Subsondeo 3. Levantamiento 3-11

<https://sketchfab.com/models/5ac74bd7d1394fb7a5e0d3aad4e6ee4>

Corte y reparación del pavimento en periodo emiral formado por sillarejo, fragmentos de ladrillo, cantos de río, y arenas. Excavación de los rellenos de arenas de la fosa de periodo Bajomedieval.



Levantamiento 3-11



Subsondeo 3. Levantamiento 3-12

<https://sketchfab.com/models/e830df00850c45399e1b167037e0f447>

Segunda capa de cimentación del arco e hilada de columnas. La cimentación de cada columna está realizada con sillares. Esta fábrica aparece trabada de columna a columna por medio de una zanja rellena de arenas, cal y piedras que cuentan con una gran consistencia y un color amarillento. Periodo Bajomedieval.



Levantamiento 3-12



Subsondeo 3. Levantamiento 3-13

<https://sketchfab.com/models/ec40dcde8738477ea9a271ba13451744>

El modelo tridimensional muestra parte de los restos óseos humanos hallados en la fosa oeste del Subsondeo 3, (*Para más información véase Subsondeo 4. Capa 4-9*). Los restos se encuentran orientados en dirección Este-Oeste y datados en periodo Bajomedieval, s. XIII-XV. Se conservan restos del ataúd de madera.



Levantamiento 3-13



Subsondeo 4. Levantamiento 4-1

<https://sketchfab.com/models/7d944b22d98b4ff99a003b8f54724c92>

Pavimento de losas rectangulares de mármol. Muestra la zona de extensión hacia el Sur del Subsondeo 4.



Levantamiento 4-1



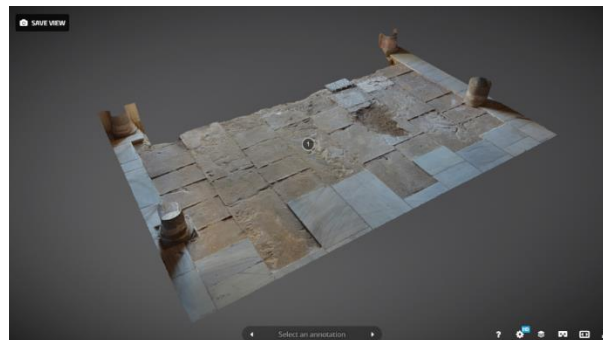
Subsondeo 4. Levantamiento 4-2

<https://sketchfab.com/models/46786cdf27d4d06a47773d8f49995b4>

Primera capa de morteros, mezcla de arenas y cemento, tras la retirada de las losas de mármol del pavimento. Se trata de un trabajo bien realizado y liso.



Levantamiento 4-2



Subsondeo 4. Levantamiento 4-3

<https://sketchfab.com/models/f7b450459eb448fc8001058342475eac>

Capa de arenas de nivelación con algún canto rodado y fragmento cerámico. Periodo Contemporáneo.



Levantamiento 4-3



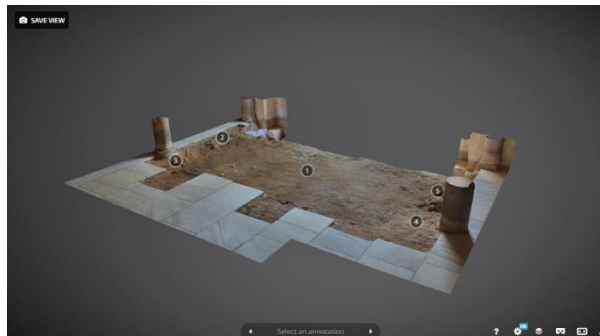
Subsondeo 4. Levantamiento 4-4

<https://sketchfab.com/models/953d0f0d89314bac90bd4da7c5c3a9a0>

Capa de arenas de nivelación de periodo Contemporáneo formado por arena, cantos rodados y fragmentos de cerámica. Zanjas de cimentación de las columnas de periodo Bajomedieval. El sector fue reconstruido en periodo Bajomedieval.



Levantamiento 4-4



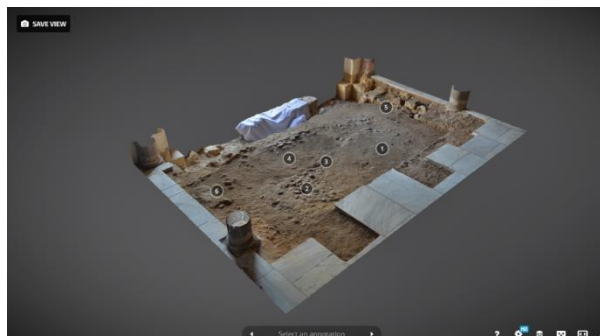
Subsondeo 4. Levantamiento 4-5

<https://sketchfab.com/models/46bcfde54e5c41beab2eb5d251ae75bf>

Pavimento de tierra limosa apisonada colocado sobre el preparado de cantos de río. Aparición de una nueva fosa de periodo Bajomedieval de composición heterogénea, arena, fragmentos de tejas, ladrillos, cerámica y piedra.



Levantamiento 4-5



Subsondeo 4. Levantamiento 4-6

<https://sketchfab.com/models/df72e8d187f642be94bb4f9ce5f62045>

Excavación de la fosa Bajomedieval, estrato de gravas medias. Estudio de las cimentaciones de las columnas.



Levantamiento 4-6



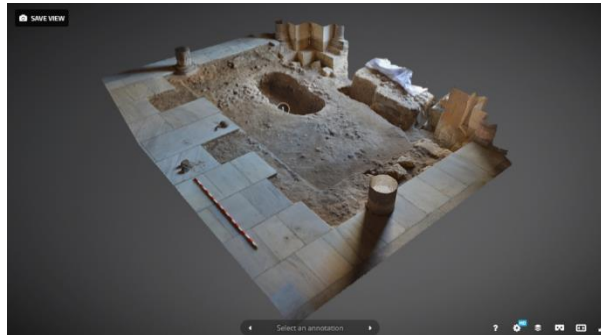
Subsondeo 4. Levantamiento 4-7

<https://sketchfab.com/models/2497ae57ffea4217890b5fcc8b0f047b>

Estrato de arenas en el interior de la fosa en el cual se documentan clavos y material orgánico en descomposición procedente de un ataúd. Periodo Bajomedieval



Levantamiento 4-7



Subsondeo 4. Levantamiento 4-8

<https://sketchfab.com/models/b5fe44b62d2b4ffba547236ad52bc637>

Documentación del ataúd del segundo individuo inhumado hallado. Al igual que el anterior se encuentra orientado en dirección Este-Oeste.



Levantamiento 4-8



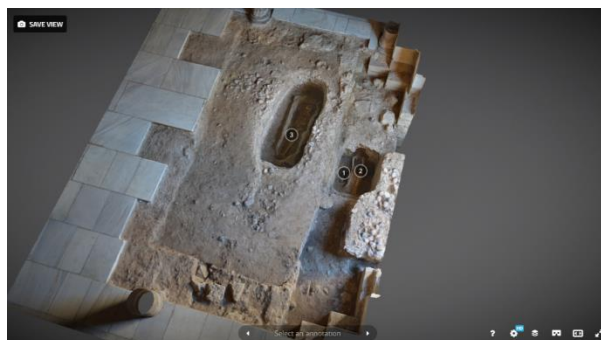
Subsondeo 4. Levantamiento 4-9

<https://sketchfab.com/models/aa616d283ded4418a13fedfd26182cba>

En el modelo se muestran los restos orgánicos de los dos individuos enterrados, el ubicado al norte se encuentra cortado a la altura de la cadera por la zanja de cimentación de época Bajomedieval. La datación de los cuerpos es del siglo XIII/XV.



Levantamiento 4-9



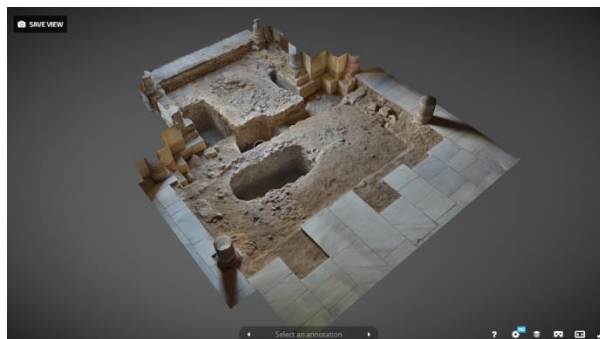
Subsondeo 4. Levantamiento 4-10

<https://sketchfab.com/models/4b04e0ec2e2b4a62b1e9d15e59274ed5>

Tras la retirada de los restos humanos aparecen arenas con composición de carbones, materiales cerámicos y restos orgánicos animales.



Levantamiento 4-10



Subsondeo 4. Levantamiento 4-11

<https://sketchfab.com/models/19f792c82eeb49119808e752c6554a5d>

Capa con derrumbe de *tegulae* en el interior del Sondeo T2. Estrato compuesto de arcillas y gran cantidad de fragmentos de *tegulae*. Fase Tardoantigua.



Levantamiento 4-11



Subsondeo 4. Levantamiento 4-12

<https://sketchfab.com/models/ba6628b86273425bbb4d4a6ec88a69b2>

Prosigue la excavación del derrumbe de *tegulae*. Fase Tardoantigua.



Levantamiento 4-12



Subsondeo 4. Levantamiento 4-13

<https://sketchfab.com/models/ae6d384a8903497e8e300fe81d346eaa>

Capa de composición homogénea de carbones en el Sondeo T1. Fase Tardoantigua.



Levantamiento 4-13



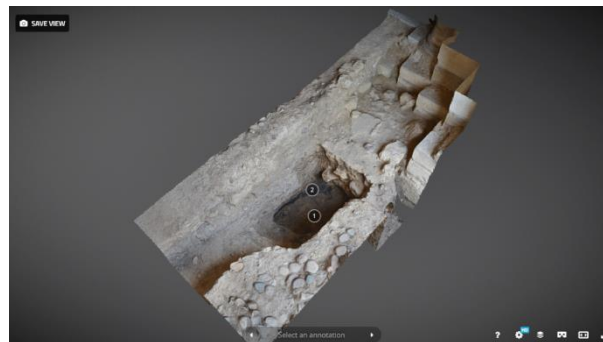
Subsondeo 4. Levantamiento 4-14

<https://sketchfab.com/models/f847fc05221b4972820834cec92ea523>

Niveles de colmatación en el Sondeo T1. Fase Tardoantigua



Levantamiento 4-14



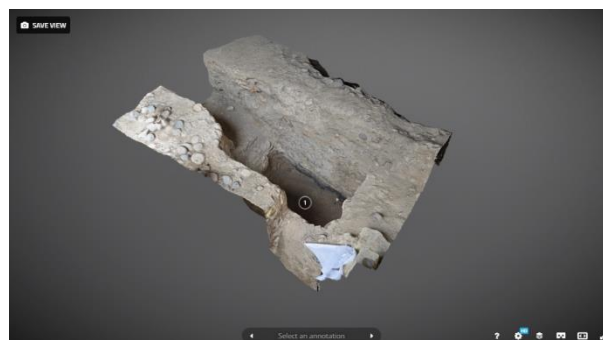
Subsondeo 4. Levantamiento 4-15

<https://sketchfab.com/models/1d28c72d25bc4d7da34e65e08a29a16b>

Niveles de colmatación en el Sondeo T1. Fase Tardoantigua



Levantamiento 4-15



Subsondeo 4. Levantamiento 4-16

<https://sketchfab.com/models/c9312c9c83ef466c86aeb60772ed3ddd>

Muro de mampuesto localizado en el ángulo SW del Sondeo T1. Tiene una orientación W-E, únicamente podemos registrar un tramo debido a las reducidas dimensiones del sondeo. Fase Tardoantigua.



Levantamiento 4-16



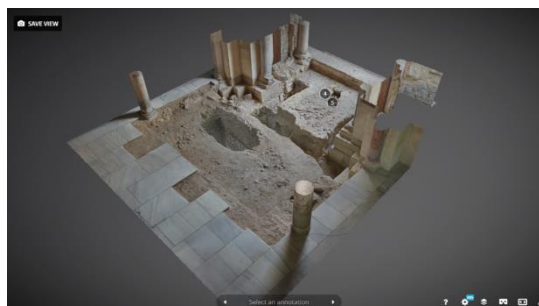
Subsondeo 4. Levantamiento 4-17

<https://sketchfab.com/models/0ea73eb11c304b6688edeb3fc85f27bd>

Muro Tardoantiguo y restos de pavimento a uno y otro lado del muro. Pavimentos de losas de piedra y ladrillos arrasados. La mayor parte de las losas de piedra son de tamaño medio. Fase Tardoantigua.



Levantamiento 4-17



Subsondeo 4. Levantamiento 4-18

<https://sketchfab.com/models/5b06efdd389a4566a042bfbd3a6d044>

Sección del sondeo T1. En ella se aprecian los dos muros tardoantiguos hallados. El primero con dirección E-W y el segundo con orientación N-S que se entrega. Se ha podido documentar un tramo de 65 cm y su cara occidental, el muro continúa debajo del perfil norte del sondeo. Se muestra también restos del pavimento de losas de piedra.



Levantamiento 4-18



Sondeo T1

<https://sketchfab.com/models/efa9fd925fe74e428ec4639863a4938c>

Se muestra una sección E-W del sondeo en su capa final a través de la T1 con todas las unidades estratigráficas (UE) del perfil.



Sondeo T1



Sondeo T2

<https://sketchfab.com/models/f5585bea05ed47b987e985f266c27248>

Se muestra una imagen del perfil E-W del sondeo con todas las unidades estratigráficas (UE).



Sondeo T2



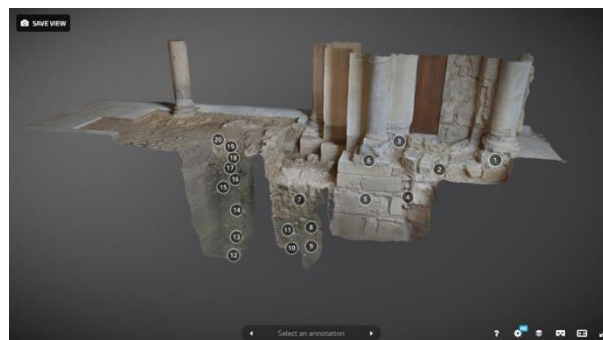
Sondeo. Perfil 01

<https://sketchfab.com/models/4cdca96b3b8b4e2bb9b349a820661d73>

Perfil Oeste de la excavación en su estado final, con las unidades estratigráficas de las fosas y los cimientos incluidos. Para más información pulsar en los marcadores.



Sondeo. Perfil 01



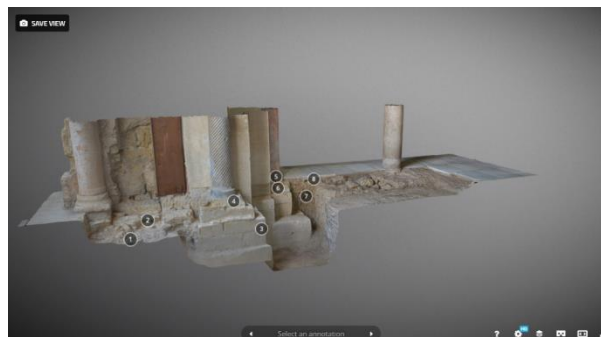
Sondeo. Perfil 02.

<https://sketchfab.com/models/e288cc7509bf46c0bab179755bfc2b76>

Perfil Este de la excavación en su estado final, con las unidades estratigráficas de las fosas y los cimientos incluidos. Para más información pulsar en los marcadores.



Sondeo. Perfil 02



3.6.3. Conclusiones

En el capítulo se ha analizado la metodología desarrollada para llevar a cabo levantamientos arqueológicos en 4D, (3 dimensiones y el tiempo). Describiendo para ello todos los pasos seguidos para obtener los modelos tridimensionales mediante el uso de fotogrametría. Asimismo, se ha comparado el tiempo y metros cuadrados documentados con respecto a la documentación manual de una excavación arqueológica y se plantearon dos cuestiones. ¿merece la pena documentar cada una de las fases de excavación? ¿es rentable documentar cada una de las fases? Tras la comparativa llevada a cabo pueden responderse ambas preguntas.

¿Merece la pena documentar cada una de las fases de excavación?

Esta pregunta debe ser respondida desde el punto de vista técnico. Arqueológicamente, arquitectónicamente e históricamente documentar cada una de las fases de una excavación con sus correspondientes unidades estratigráficas y materiales tridimensionalmente, aporta un documento único e imprescindible para obtener unos resultados que alcancen la perfección. Al final de un proceso de excavación siguiendo la metodología planteada no solo se obtiene como hasta ahora un estado final de la misma, sino toda la secuencia cronológica y estratigráfica de la excavación. Sirviendo toda la documentación registrada a futuros arqueólogos o investigadores para estudiar perfectamente y tridimensionalmente toda la excavación, sin perder datos o detalles eliminados por el arqueólogo. Ya que tal y como comienza el presente capítulo, *“la arqueología es una metodología destructiva, ya que una vez retirada una capa, piedra, o mortero, ya no puede volver a colocarse en su ubicación exacta”*. Con esta metodología conseguimos tener un registro exacto de cada uno de los pasos de la excavación si se siguen ciertas pautas ya descritas. Por tanto, la respuesta a la pregunta sería afirmativa, merece la pena documentar cada una de las fases de excavación de cualquier yacimiento o restauración llevada a cabo.

¿Es rentable documentar cada una de las fases?

Lógicamente esta segunda cuestión debe ser respondida desde el punto de vista económico. Se ha comparado el tiempo en llevar a cabo la toma de fotografías invertido por el técnico encargado de la documentación. Suponiendo una excavación pequeña, con un único sondeo como la analizada, durante el proceso de fotografía tanto el arqueólogo como los peones encargados de la excavación deben detener su trabajo, recoger y limpiar la excavación para fotografiarla. Este tiempo corresponde con el 4,64% del tiempo total de la excavación, un total de 13 horas para documentar todas las fases en comparación con las 280 horas necesarias para la excavación.

No solo eso, sino que si comparamos los metros cuadrados documentados con la metodología empleada, 21,6 m²/h, frente a los metros documentados mediante el dibujo manual, 4,83 m²/h, observamos como la nueva metodología nos permite documentar casi 5 veces más superficie o la misma superficie en 5 veces menos tiempo. Teniendo en cuenta además la mejora en la precisión y calidad de los resultados obtenidos.

Aprovechando los ejemplos utilizados, y la descripción de los pasos seguidos, se han realizado análisis de la precisión de las nubes de puntos y las mallas generadas en función de los parámetros de reconstrucción del software Agisoft Photoscan. Como breve inciso, se ha expuesto la manera de convertir los modelos tridimensionales fotogramétricos en modelos CAD 3D para ser usados en softwares de ingeniería.

El uso de la nueva metodología de documentación estratigráfica en 3D ha obligado a modificar el tratamiento planimétrico de las unidades estratigráficas, de forma que los

planos puedan ser posteriormente integrados en softwares SIG sin problemas. Para ello se ha diseñado una nueva nomenclatura para designar las capas, con un código, así como una tabla con los grosores y colores utilizados. Por último, para mejorar la lectura de los planos de una excavación, sin necesidad de utilizar la memoria del mismo, el arqueólogo Raimundo Ortiz (Ortiz, 2018) ha generado una serie de símbolos que se corresponden con las relaciones físicas entre los distintos elementos y que se ha añadido al capítulo ya que ambas tesis se complementan.

Con el objetivo de mejorar la documentación técnica se han creado las unidades estratigráficas en 3D, y se ha explicado el procedimiento seguido, así como los Scripts creados en Python para incorporar datos arqueológicos en Blender y su posterior exportación para ser utilizados en software SIG o Base de Datos.

Por último, se han incorporado los modelos generados a la web Sketchfab para su difusión dentro de la comunidad científica y para todos los interesados en conocer el patrimonio histórico de la Mezquita-Catedral de Córdoba.

De esta forma se ha cumplido con los objetivos planteados en el capítulo y al inicio de la tesis doctoral. (I) Se ha diseñado una nueva metodología para la generación de modelos tridimensionales 4D durante el proceso de excavación para la documentación tridimensional de cada una de las fases de excavación, con sus correspondientes unidades estratigráficas. (II) Se ha generado una metodología de trabajo para la división de las unidades estratigráficas en 3D con el software libre Blender, y se han añadido los Scripts necesarios para la introducción de datos en Blender- (III) Por último, se han utilizado todos los modelos creados para difundir los resultados obtenidos dentro y fuera de la comunidad científica.

CAPÍTULO 3.7. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LAS BÓVEDAS DE MACSURA



Bóveda central de la Macsura construida por el Califa al-Hakam II.

Capítulo 3.7. Sistema constructivo de las bóvedas de Macsura

3.7.1. Introducción

El último capítulo de metodología tiene como objetivo analizar el sistema y la secuencia de construcción de las bóvedas laterales de la Macsura¹¹ de al-Hakam II, s. X d.C., en la Mezquita-Catedral de Córdoba, España. Los trabajos de investigación previos a la restauración de macsura se comenzaron en octubre del año 2015, no habiendo sido concluidos a finales de 2017, ya que se prosigue investigando y recopilando los datos necesarios para su correcta restauración.



Localización Geográfica

Este trabajo de investigación está siendo financiado por el Cabildo de la Catedral de Córdoba de forma íntegra, y está llevada a cabo por un equipo multidisciplinar de arquitectos, arqueólogos y un ingeniero por parte del cabildo. Además, se han subcontratado los servicios del IAPH (Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico) para llevar a cabo los análisis de teselas, piedras, morteros, y todos aquellos elementos implicados en la construcción de este sector.

3.7.1.1. Zona de Estudio y limitaciones del trabajo

Tras los estudios preliminares llevados a cabo hasta la fecha, se puede analizar el método constructivo seguido para la edificación de las bóvedas laterales que cubren la macsura de al-Hakam II, s. X d.C.

Las limitaciones que impiden el estudio de la bóveda central se deben en primer lugar, a la imposibilidad de la realización de catas arqueológicas para el análisis del despiece e intersección de sus arcos. Esto es debido a la cubrición de mosaico con la que cuenta esta bóveda. En segundo lugar, aunque exteriormente esta bóveda es accesible, no se ha podido analizar completamente el extradós¹² de sus plementos¹³.

Aunque las bóvedas laterales han podido ser estudiadas en su extradós solo de forma parcial, teniendo de momento algunas dudas acerca de su estructura interna, sí que han podido ser estudiadas las uniones y los arranques de los arcos de las cúpulas en su intradós.

Página siguiente, Figura 7.1. Localización de las bóvedas de macsura en estudio. Plano base de los arquitectos Gabriel Ruiz Cabrero y Gabriel Rebollo Puig.

¹¹ Macsura: En una mezquita, recinto reservado para el califa o el imán en las oraciones públicas, o para contener el sepulcro de un personaje tenido en opinión de santidad. (RAE, 2017).

¹² Extradós: Cara exterior de una bóveda (RAE, 2017).

¹³ Conjunto de paños de piedras o dovelas que cubren el espacio entre los nervios de una bóveda (Lajo, 1990).



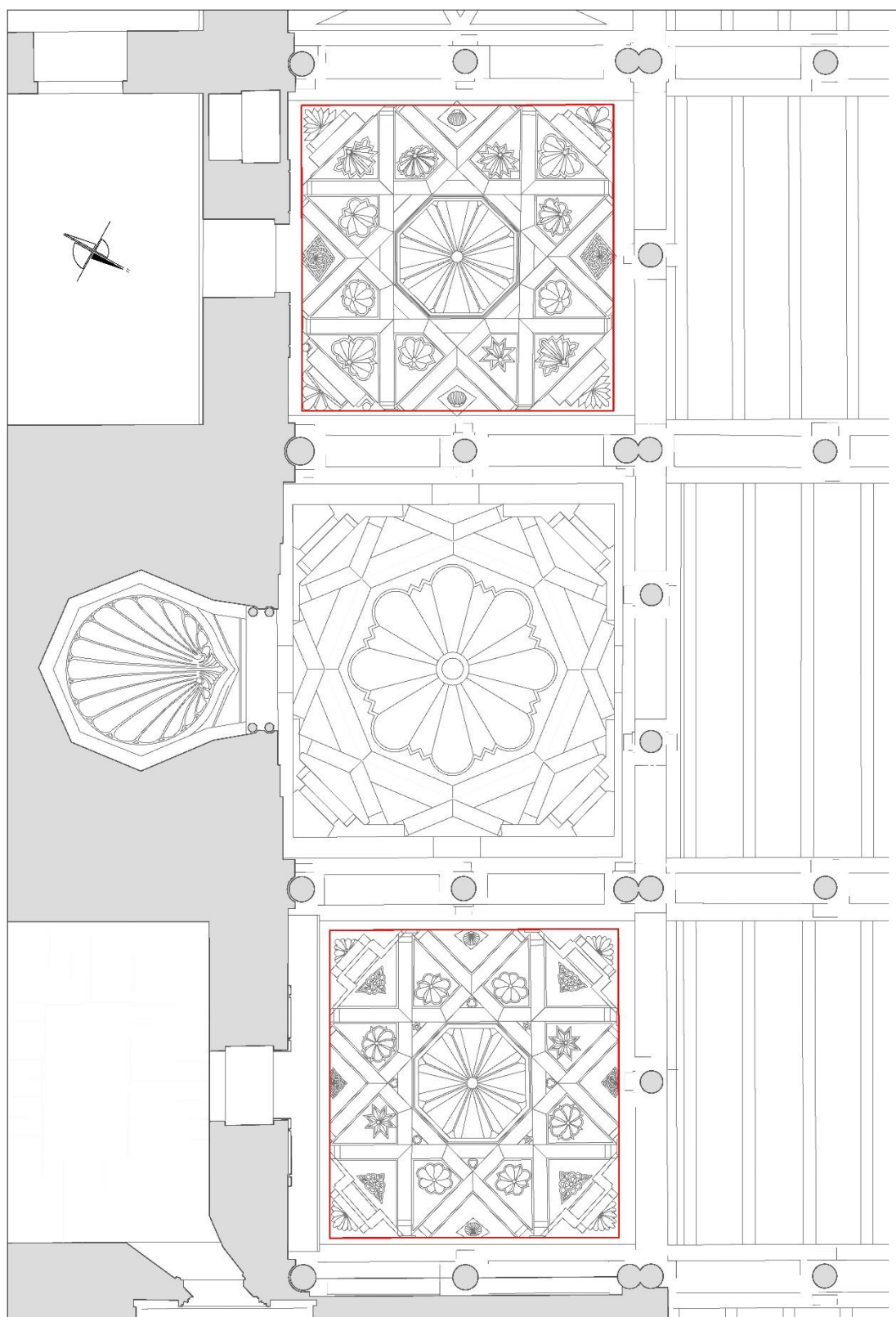


Figura 7.2. Zona de estudio. Las bóvedas laterales se han delimitado en rojo. Plano base de los arquitectos Gabriel Ruiz Cabrero y Gabriel Rebollo Puig.

3.7.1.2. Breve historia de la ampliación

Las primeras bóvedas de arcos entrecruzados de las que se tiene constancia y se conservan son las ubicadas en la Mezquita-Catedral de Córdoba. En la ampliación realizada por el Califa al-Hakam II, siglo X d.C., se construyeron cuatro cúpulas, tres en macsura y una como lucernario en el lugar que ocupaba el mihrab de la ampliación de ‘Abd al-Rahman II. En la Figura 7.3 se muestran resaltadas en rojo las tres bóvedas de macsura y en verde el lucernario o Capilla de Villaviciosa.

Aunque Fuentes González data la cúpula de la Capilla de Villaviciosa como la más antigua de las cuatro (Fuentes González, 2013), el estudio llevado a cabo por Nieto Cumplido lo refuta (Nieto Cumplido, 2016). Además, para permitir el uso continuo de la mezquita durante el proceso de construcción de la nueva ampliación, la cúpula de la Capilla de Villaviciosa debió ser la última en construirse.

Las bóvedas laterales de macsura se erigieron mediante el paso del cuadrado al octógono y el uso de cuatro trompas. Los arcos, paralelos dos a dos, nacen en los vértices del octógono. El cruce de los ocho arcos produce un segundo octógono cubierto con una pequeña bóveda central gallonada. Los plementos se decoran con estrellas y flores talladas.

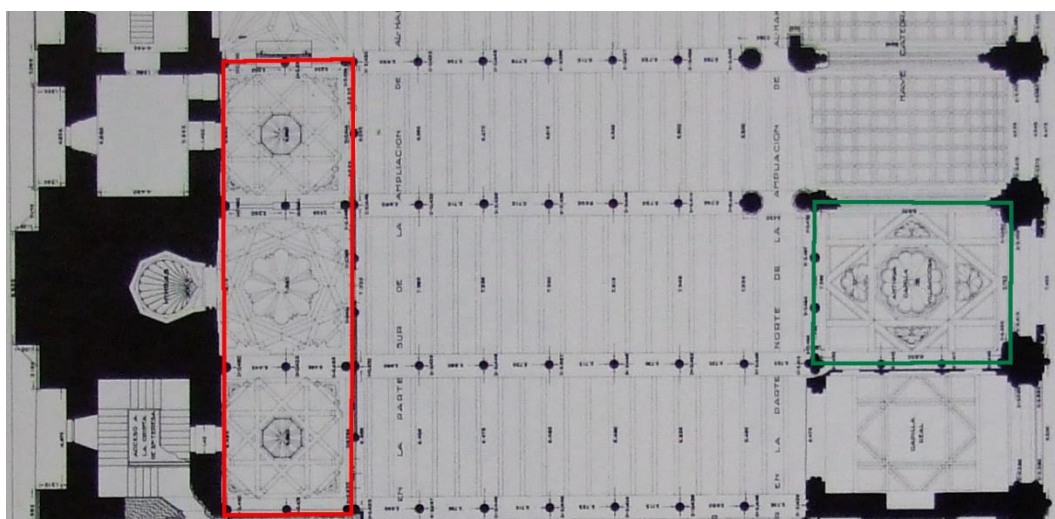


Figura 7.3. Plano del arquitecto Félix Hernández, Hoja 3 de la Mezquita-Catedral de Córdoba, 1930 (Nieto Cumplido y Luca de Tena y Alvea 1992).

El sistema de arcos utilizado para el trazado de las bóvedas laterales de Macsura es el mismo que el usado posteriormente en la Mezquita de Yum'a de Isfahan, Irán; la Iglesia Mayor de Lebrija, Sevilla; la Capilla de Belén, en el convento de Santa Fe de Toledo; la Capilla de la Iglesia de San Pablo, Córdoba; la cocina prioral de Durham; y en las cúpulas de las Catedrales de Zaragoza, Tarazona y Teruel (Camón, 1940).

El califa al-Hakam II, responsable de la segunda ampliación hacia el sur de la mezquita, nació el 13 de enero de 915 d.C., sucediendo a su padre con cuarenta y seis años, el día 16 de octubre de 961 d.C. (Nieto Cumplido, 2007).

La expansión llevada a cabo por al-Hakam II en la mezquita continúa con el vocabulario preestablecido anteriormente, si bien, se alcanzan nuevos niveles de complejidad en el diseño de arcos polilobulados, la construcción de bóvedas de arcos entrecruzados y las decoraciones pintadas y de mosaico (Khoury, 1996). Construyéndose en ese momento lo

que sería la culminación del arte islámico durante el gobierno de los omeyas. En palabras de Messina (Messina, 2004):

“Pur non esistendo una terra o un popolo propriamente islamico, quando si parla di arte e architettura islamica si è soliti riferirsi all'arte di una civiltà che ha trasformato e sintetizzato tradizioni etniche ed espressioni artistiche preesistenti, generando un linguaggio che ha tramandato, invariati, i propri caratteri nello spazio in el tempo.”¹⁴

Al-Hakam II falleció en el Alcázar de Córdoba el 1 de octubre de 976 cuando contaba con sesenta y un años de edad (Nieto Cumplido, 2007). La cronología del proceso constructivo de la ampliación ha sido estudiada por el canónigo archivero Manuel Nieto Cumplido (Nieto Cumplido, 2016) con motivo de los trabajos de documentación previos a la restauración de macsura, y se incluye aquí de forma sintetizada.

961/10/16

al-Hakam II da orden de comenzar la ampliación. Se empieza el acarreo de piedra hacia la mezquita. Visita a la zona de ampliación con los arquitectos bizantinos y musulmanes.

962/7/19

Comienza la construcción

965, junio

Se concluyen los trabajos de obra en la cúpula central de macsura. Llega el mosaquista bizantino y se comienzan a colocar los mosaicos.

965/10/19

Al-Hakam visita la obra y ordena quitar el mihrab de ‘Abd al-Rahman II y colocar las cuatro columnas en el nuevo.

965, nov.-dic.

Se colocan las inscripciones en las impostas del arco de ingreso y la inscripción sobre el zócalo de mármol en el interior del mihrab.

965/12/28

Finalización de las obras.

La mezquita se amplió hacia el sur 44,46 metros en su interior y 45,51 metros por el exterior. La anchura de la ampliación mantiene la misma seguida hasta entonces, 73,99 metros. La superficie añadida fue de 2829 m² (Nieto Cumplido, 2007), permitiendo un total de 6287 fieles más a la oración en el templo.

¹⁴ "No existiendo tierra o pueblo propiamente islámico, cuando se trata de arte y arquitectura islámica es costumbre referirse a una civilización que ha transformado y sintetizado tradiciones étnicas y expresiones artísticas preexistentes, generando un lenguaje que ha transmitido, sin cambios, su característica en espacio y tiempo".

La ampliación en las crónicas árabes

El cronista árabe al-Idrisi (1100-1166) lleva a cabo la primera descripción que se conserva de la mezquita aljama de Córdoba, la cual visitó cuando ya había sido construida la ampliación de Almanzor. La descripción fue publicada en francés por Lamare (Lamare, 1949) y traducida al castellano por el profesor F. Aguayo Egido de la Universidad de Córdoba, a petición del canónigo Manuel Nieto Cumplido para el Informe Histórico y documental de Macsura, (Nieto Cumplido, 2016).

“Esta Mezquita Aljama tiene una qibla, cuya descripción es algo imposible a cualquiera, y cuya decoración deslumbra los espíritus por su perfección. Está cubierta por completo de mosaicos dorados y coloreados, formando parte de lo que envió el emperador de Constantinopla la Grande a Abd al-Rahman (III) conocido con el nombre de al-Nasir lidin Allah el omeya. Sobre esta fachada, quiero decir la fachada del mihrab, hay siete arcos más altos que la talla de un hombre asentados sobre columnitas. El mosaico que los decora está todo cubierto de un baño vidriado. La ejecución del arco lobulado presentó dificultades a los cristianos y a los musulmanes a causa de la singularidad de su técnica y de la gracilidad de su forma y de su apoyo. Toda la parte superior está cubierta con dos frisos epigráficos sobre fondo de cristal azulado, encuadrados por dos bandas de mosaico dorado. Dos frisos idénticos a los dos primeros, sobre campo azul, ajustados en el mosaico dorado, se encuentran igualmente sobre los arcos que hemos descrito.

La escultura ornamental que cubre el paramento inferior del mihrab es variada y rica. Cuatro columnas, de un valor inestimable -dos verdes y dos de colores variados-, guarnecen las jambas del mihrab. Este está cubierto con una concha de mármol de un solo bloque. Está abuecada con canaladuras acañonadas y hermoaseada por una decoración muy original hecha en oro, azul y otros colores.

Cara al mihrab y en el espacio que lo rodea se encuentra una balaustrada de madera decorada de esculturas que, por su variedad, tiene un carácter verdaderamente excepcional.

A la derecha del mihrab está el minbar que, como obra de arte, no tiene par en el mundo; su enmaderamiento se compone de ébano, de boj y de maderas olorosas. Se cuenta en las crónicas de los Omeyas que se trabajó en él durante siete años en su marquetería y en su decoración esculpida. El número de artesanos fue de seis hombres, en los que no entran los que servían como peones; cada obrero recibía por día medio miqtal muhammadí.

A la izquierda del mihrab existe una habitación que guarda los utensilios, los vasos de oro y plata y las bujías, reservados todos para la iluminación con candelas de la vigésimoséptima noche del mes de ramadán, el honrado ...

A la derecha del mihrab, entre los dos muros de la Mezquita Aljama, hay una puerta que abre al alcázar por un pasadizo contiguo. Este pasadizo se halla cerrado con ocho puertas, de las cuales cuatro se cierran del lado del alcázar y cuatro del lado de la Mezquita Aljama.”

El cronista Ibn 'Idari al-Marrakushí vivió en la segunda mitad del siglo XIII y escribió su crónica entre los años 1312 y 1313. La crónica se titula “*al-Bayan al-mugrib fi akebbar muluk al-Andalus wa-l-Maghrib*” (Maíllo Salgado, 1993).

Desde su advenimiento, se ocupó de la ampliación de la Mezquita Aljama de Córdoba. Esta fue precisamente la primera orden que dio, y confió la ejecución a su hayib y oficial principal, Ya'far ibn Abd al-Rahman al-Siqlabi, el 4 de ramadán de este año (350 = 961), al día siguiente de su entronización, encomendándole primeramente el interés por el acarreo de piedras, como elemento más importante de la construcción. Desde el mes de ramadán mismo, se comenzó su acarreo. En

efecto, el alcázar de Córdoba albergaba un numeroso personal de Lo que se seguía una acumulación de personas en la Mezquita, insuficiente para contener todo este mundo, de suerte que al-Mustansir se apresuró a hacerla agrandar. Para trazar el plan y determinar los trabajos, se trasladó a su emplazamiento, acompañado por los jeques y los arquitectos,

Los cuales acordaron ampliarla desde la extremidad sur de la Mezquita hasta el extremo del patio, prolongándola así en once naves, es decir, en el sentido de la longitud norte-sur, noventa y cinco codos, y en el sentido este-oeste, la anchura total del edificio.

Por esto, se derribó el pasadizo cubierto, empleado por el califa para ir a la oración desde el alcázar, el cual terminaba al lado del minbar en el interior de la maqsura. Estos trabajos se consideran los más bellos de cuantas ampliaciones ha recibido este monumento. Estableció también las fundaciones piadosas en provecho de la Mezquita. Después de la terminación de los trabajos, reunió a los juristas, a los testigos judiciales, a los notables y a los jefes de los vecinos, a los cadíes y a los imames e hizo ante ellos el elogio y proclamó la gloria de Allah, renovándole su agradecimiento por haberle permitido llevar a buen fin esta noble tarea, y añadiendo que, como reconocimiento de este insigne favor, destinaba la cuarta parte de los beneficios anuales de todas las propiedades, etc., que había heredado de su padre en los diversos distritos y provincias de al-Andalus ...

En yumada II (=junio 965) se concluyó la cúpula principal del mibrab, trabajo que formaba parte de La ampliación de La Mezquita. Se comenzó a hacer Las incrustaciones de mosaicos de este edificio. al-Hakam había escrito al rey de Los Ruma este respecto y Le había ordenado (sic) que Le enviara un trabajador capaz, a imitación de Lo que había hecho al-Walid ibn Abd al-Malik (705-715) cuando se proyectó La construcción de la Mezquita de Damasco. Los enviados del califa Le trajeron al artesano de mosaicos y también trescientos veinte quintales de cubos de mosaico que el rey de los Rum Le enviaba a título de regalo. EL califa dio albergue y trató con generosidad al mosaicista, junto al cual puso a muchos de sus esclavos en calidad de aprendices, y estos esclavos, trabajando con él, adquirieron una capacidad de inventiva que les llevó a sobrepasar a su maestro. Luego trabajaron solos cuando el maestro mosaicista, de quien se podía prescindir en adelante, abandonó el país, no sin haber recibido del príncipe ricos regalos y vestimentas.

Los obreros hábiles venían voluntariamente de todas partes a trabajar en el monumento. En la segunda decena de Shawwal (= 9-19 octubre 965) al-Hakam vino a caballo desde (Medina) al-Zahra a la Mezquita, donde entró para examinar la ampliación y el grado de avance de la misma; hizo quitar las cuatro magníficas columnas que se encontraban en las jambas del antiguo mibrab y que no hay similares a ellas, y las dejó a un lado para volverlas a colocar en el nuevo mibrab cuando el avance de los trabajos lo permitiese.

En al-Muharram 355 (= 28 diciembre 965-26 enero 966), mandó colocar el antiguo minbar al lado del mibrab y levantó la antigua maqsura. En la qibla de la ampliación ordenó construir una maqsura de madera, esculpida interior y exteriormente y coronada de una cornisa que tenía de largo setenta y cinco codos, y de ancho, cuarenta y dos; su altura hasta la cúspide era de ocho codos. Es en rayab (=junio-julio 966) cuando se terminó esta ampliación y fue levantada la maqsura.

El rey de los Rum del que habla la crónica es el emperador de Bizancio Nicéforo Focas (963-969) (Nieto Cumplido, 2007). Aunque son más las crónicas árabes en las que se hace mención a la ampliación de al-Hakam II, solo se han incluido las dos más relevantes. Para un completo estudio de las fuentes pueden consultarse las publicaciones del canónigo Manuel Nieto Cumplido (Nieto Cumplido, 1996; Nieto Cumplido, 2007; Nieto Cumplido, 2016).

3.7.1.3. Procedencia de las bóvedas de arcos entrecruzados

“las cúpulas de arcos entrecruzados constituyen uno de los tipos de abovedamiento más interesantes por su singularidad” (Fuentes González, 2013).

Acerca de las bóvedas de arcos entrecruzados, incluso el gran maestro Leonardo da Vinci realizó varios croquis en planta siguiendo el esquema de las bóvedas de macsura¹⁵. Posiblemente el contacto de da Vinci con estas bóvedas se deba a su relación con el cordobés Gonzalo de Ayora (1466-1538), ingeniero militar, primer capitán de la Guardia Real y primer coronel de Infantería Española. Estudió en la universidad de Pavía y en la corte de los Sforza en Milán, pudiendo tratar durante este periodo con Leonardo y Bramante. Ayora hizo croquis de diversas fortificaciones y plazas fuerte, por lo que es probable que fuese este cordobés el que describiese a da Vinci las bóvedas que tan bien debía conocer, (Capmany Suris y Montpalau, 1794; Torres Balbás, 1952).

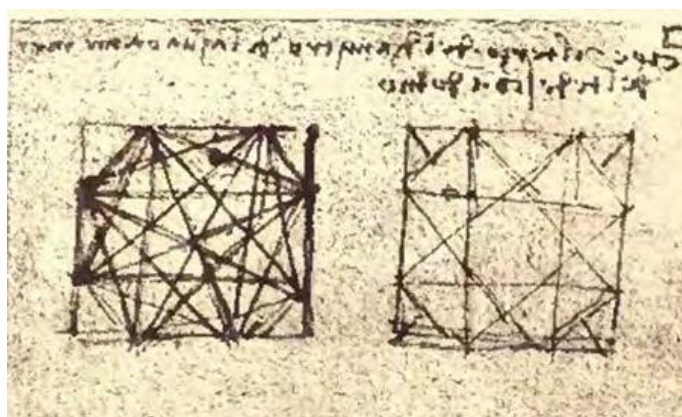


Figura 7.4. Manuscrito B de Leonardo da Vinci. Instituto de Francia (Ritcher, 1883).

Los dos croquis realizados por da Vinci en la Figura 7.4 siguen el esquema utilizado en las bóvedas de la macsura de Mezquita-Catedral de Córdoba. El primer croquis corresponde con la cúpula central, ubicada delante del mihrab. Mientras que el segundo croquis corresponde con el diseño utilizado en las bóvedas laterales.

La procedencia de las bóvedas de arcos entrecruzados divide a los investigadores en dos posturas. Por un lado aquellos que sugieren que los arcos son decorativos, con una estructura de madera que sostiene la bóveda real (Henri Terrasse, 1927, 1932; Fernández Puertas, 2009). Por otra parte, algunos investigadores han afirmado que las bóvedas son estructurales, con arcos de piedra o ladrillo (Hernández Giménez, 1927; Gómez-Moreno, 1951; Marçais, 1954; Torres Balbás, 1957)

Será en 1894 cuando el arquitecto Velázquez Bosco comience a estudiar el posible origen de las bóvedas (Velázquez Bosco, 1894). Choisy no creía que el arco o nervio soportara la carga completa de la bóveda, aunque sí la mayor parte de ella, cargando el resto los plementos (Choisy, 1899). Lambert en 1926 escribió acerca de estas bóvedas, intentando demostrar su influencia en el origen de las bóvedas góticas (Lambert, 1926). Lambert justifica el conocimiento de este tipo de bóvedas en Francia a través del Camino de Santiago

¹⁵ Cuadernos de dibujos de Leonardo da Vinci, Biblioteca del Instituto de Francia, París, Vol. B, p. 25v; Códice Ashbur II, fº 5v, Milán, ambrosiana, Códice Atlántico, 362 v-b, lám. 1232.

y la ayuda prestada por caballeros franceses en la reconquista de la península que contaba con bula de cruzada (Lambert, 1928).

En 1927 el arquitecto Félix Hernández contestó por carta a Henri Terrasse acerca de la construcción de estas bóvedas. Según Hernández, *“los nervios deben constituir, a mi modo de ver, un armazón general que no trabaja por separado, sino conjuntamente con el casquete central y los laterales”* (Fernández Puertas, 2009). Prosigue Hernández afirmando *“si los nervios de las bóvedas cordobesas fueran de madera constituirían un elemento decorativo, y nunca un sistema constructivo, consiguientemente nunca hubieran dado origen a una tradición mudéjar”*.

Henri Terrasse expone que las bóvedas fueron construidas en piedra cuando fueron adoptadas por la arquitectura cristiana, escribiendo que la cúpula de Villaviciosa es una bóveda de hormigón con arcos decorativos. *“... creo que las cúpulas de nervaduras omeyas tienen un sentido ante todo decorativo y es sólo en la España cristiana donde se ha tratado estas cúpulas con sentido arquitectónico”* (Fernández Puertas, 2009).

En 1926 Leopoldo Torres Balbás publicó “Bóvedas de Nervios Musulmanes en Francia”, defendiendo las bóvedas de arcos entrecruzados como el sistema perfecto, al sustituir la antigua bóveda romana por un esqueleto de arcos o nervios, adelantándose en más de siglo y medio a las bóvedas góticas (Torres Balbás, 1926). Para defender esta teoría, Balbás recurre al camino de Santiago, de forma que, si el arte francés llegaba a España en los siglos XI y XII a través del camino de Santiago, de igual forma podría llegar el arte hispanomusulmán a Francia. De esta forma, *“... Pudo alguno de los muchos extranjeros que acudieron a la cruzada de España, a fines del siglo XI, laico o monje cluniacense, normando francés o lombardo, ver el principio de las bóvedas de ojivas, cuyo desarrollo en Francia tuvo tan grandes consecuencias en la historia de la arquitectura”* (Torres Balbás, 1926).

Balbás expone la proveniencia árabe de la palabra ojivas, (ogive, en francés y algibe como palabra raíz islámica) (Torres Balbás, 1945). De esta forma relaciona las bóvedas de ojivas con la arquitectura llamada hispanomusulmana y la creación de la arquitectura gótica como una continuación de las mismas.

Tanto Torres Balbás como Almagro, entre otros, (Torres Balbás, 1943; Almagro, 2001) defienden la posibilidad de que estas bóvedas sean las precursoras de las bóvedas ojivales góticas y de todas las bóvedas nervadas de occidente, permitiendo de esta forma el desarrollo del gótico.

“Finalmente, no es para olvidar que precedieron los españoles en más de un siglo a las bóvedas de ojivas o crucería del arte gótico; supuestas diferencias entre unas y otras respecto a su comportamiento mecánico y concentración de empujes son notoriamente erróneas. Lo que la teoría clásica del siglo XIX afirmaba de los finos arcos ojivos, es decir, su utilidad para el refuerzo de la bóveda, cuyos plementos, decían, sustentaban, lo cumplen con mayor eficacia los fuertes arcos de las cúpulas hispanomusulmanas. Pero lo que no alcanzaron estas últimas es la perfecta trabazón orgánica de las góticas nervadas, es decir, la correspondencia de su esqueleto con los pies derechos que la sostienen, con continuidad desde el pavimento del edificio hasta la clave de la bóveda” (Torres Balbás, 1965).

El origen de las bóvedas de arcos entrecruzados es un gran problema, no sabiendo si otras las precedieron en occidente, o son importadas directamente desde oriente (Lambert, 1936).

Durante las intervenciones arqueológicas de 1998 y 1999 llevadas a cabo por el arqueólogo Pedro Marfil, quedó patente que las pequeñas cúpulas de las trompas de las tres bóvedas, son decorativas, y no estructurales (Marfil, 2004). Éstas difícilmente podrían ser estructurales, debido a la ventana ubicada en su parte superior y a la disposición del arranque de los arcos entrecruzados.

En la Figura 7.5 se muestra el extradós estudiado por Pedro Marfil durante las intervenciones llevadas a cabo en las cubiertas de macsura. Como puede observarse, el sistema de cubrición de las trompas evidencia su función no estructural.

En cuanto al interior de las bóvedas de Macsura, Marfil estudia el interior de la bóveda central. Analizando el sistema de vigas de madera que, según el autor, forman parte del soporte básico de la cúpula (linterna) superior, figura 7.6. Asimismo, también encuentra los caballetes o arquillos de ladrillo que sirvieron de apoyo a la cubierta de los pares de la bóveda central (Marfil, 2004).



Figura 7.5. Extradós de las trompas decorativas de las cúpulas de Macsura (Marfil, 2004).



Figura 7.6. Vigas y estructura de madera en el extradós de la cúpula central de Macsura.

Fernández Puertas expone que la existencia de estas vigas cruzadas de madera para sostener el cuerpo central de la bóveda, revela lo primitivo de la técnica, y lo alejadas que están estas bóvedas de las ojivales del gótico, (Fernández Puertas, 2009). Estas vigas según Fernández, actuarían como dintel, descansando sobre ellas la bóveda central gallonada. Esta cúpula, según Fernández, debió hacerse con un molde de madera apoyado en el andamiaje, y sobre él se vertió una argamasa de cal. De la misma forma, Fernández supone que los plementos debieron hacerse mediante molde y argamasa entre los arcos, y no de piedra o ladrillo.

Aunque Fernández Puertas opina que los trabajos llevados cabo por el arqueólogo Pedro Marfil entre 1998-1999 y 2004 han demostrado que las bóvedas son decorativas y no estructurales, debido al sistema de vigas de madera encontrado en el interior de la bóveda central (Fernández Puertas, 2009). Los estudios llevados a cabo recientemente en el intradós



Localización Cristo de la Luz, Toledo.

y extradós de las bóvedas central y laterales han demostrado que los arcos y los plementos están contruidos con piedra, siendo estructurales.

Cerca de 30 años después de la construcción de las bóvedas cordobesas, encontramos la cúpula de la mezquita de Bib al-Mardum o Cristo de la Luz, Toledo (año 1000). De las nueve bóvedas que forman parte de esta mezquita, siete de ellas son de arcos entrecruzados, apareciendo algunos de los trazados ya utilizados en las bóvedas cordobesas (Fuentes González, 2013).

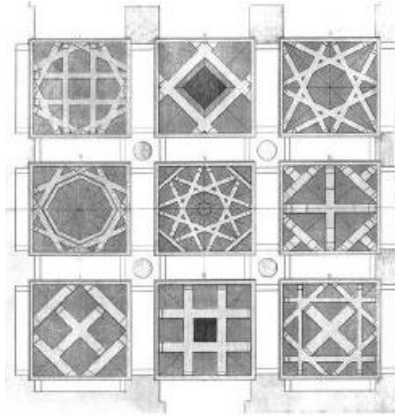


Figura 7.7. Cúpulas del Cristo de la Luz (Fuentes González, 2013).



Localización Capilla de Belén, Convento de Santa Fe, Toledo.

En la Figura 7.7 se muestra la planta de las bóvedas del Cristo de la Luz, Toledo. De estas nueve bóvedas, la central es parecida a las laterales de macsura, aunque sus arcos arrancan desde los puntos medios del octógono y no desde sus vértices como si ocurre en las cordobesas. A la izquierda de la central, el esquema seguido es el mismo de la cúpula central de la macsura de Córdoba.

Otra cúpula que sigue el mismo diseño de las bóvedas laterales de macsura es la construida en la Capilla de Belén, en el convento de Santa Fe en Toledo, siglo XI (Fuentes González, 2013). En la actualidad el octógono central se encuentra tapado por tablas con policromía datadas de finales del siglo XV, Figura 7.8.

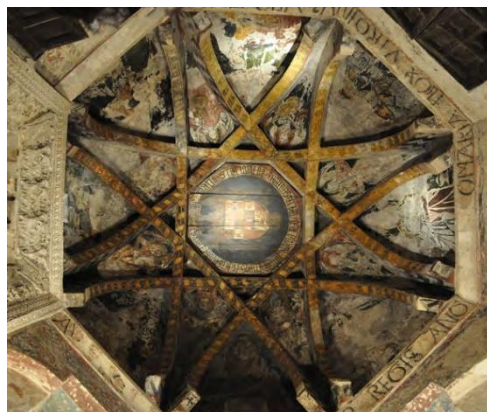


Figura 7.8. Cúpula de la Capilla de Belén, Convento de Santa Fe, Toledo. (Fuentes González, 2013).



Localización de la
mezquita Al-Qaraouiyyin,
Fez, Marruecos.

Fuentes expone que, si bien desde finales del siglo XI aparecen bóvedas nervadas en Armenia y Persia, éstas tienen grandes diferencias con la arquitectura musulmana. Mientras en la arquitectura musulmana la geometría, mediante el entrecruzamiento de arcos y estrellas es de gran importancia. En la arquitectura armenia no lo es tanto, utilizando los arcos solo para dividir la bóveda en partes, y de esta forma facilitar su construcción. Así mismo, mientras en la arquitectura musulmana las bóvedas solamente cubren determinados espacios importantes, las bóvedas armenias cubren la totalidad del templo (Baltrusaitis, 1939; Fuentes González, 2009). En Armenia esta evolución arquitectónica se debe al intercambio cultural con los países conquistados. Aunque las bóvedas armenias fueron

datadas en época temprana, estudios recientes afirma que las primeras bóvedas de arcos entrecruzados armenias datan del siglo XIII (Fuentes González, 2013).

Posteriormente, durante el siglo XII se construyó en la mezquita Al-Qaraouiyyin, Fez, una cúpula siguiendo el mismo trazado utilizado en las bóvedas laterales de la macsura de Córdoba, Figura 7.9.



Figura 7.9. Bóveda de la mezquita Al-Qaraouiyyin, Fez (Terrase, 1968).

En la sacristía de la iglesia de San Pablo de Córdoba se encuentra otra bóveda de arcos entrecruzados, la cual sigue el mismo esquema utilizado en las bóvedas laterales de macsura, con ocho arcos formando un octógono sobre el cual se sitúa una linterna. Al igual que las bóvedas de macsura, es de planta cuadrada y forma el octógono mediante unas trompas. Aunque no se conoce su fecha de construcción, se sabe que no formó parte de la construcción de la iglesia, sino que se aprovechó para integrarla en ella (Fuentes González, 2013).

Fuentes en su tesis lleva a cabo un exhaustivo trabajo de recopilación de bóvedas, encontrando dos bóvedas en Francia de arcos entrecruzados. La primera en la iglesia de Hôpital Saint-Blaise y la segunda en la iglesia de Sainte-Croix d'Oloron, ambas en el Camino de Santiago, Figura 7.10 (Fuentes González, 2013).



Localización de las
Iglesias Hôpital Saint-
Blaise y Sainte-Croix
d'Oloron

Entre 1368 y 1370 se construyó la cúpula de la cocina del Deán de la Catedral de Durham, Inglaterra. El maestro cantero fue John Lewin siguiendo un esquema idéntico al de las bóvedas laterales de Córdoba. Posiblemente Lewin acudió a España cuando el rey Eduardo III de Inglaterra ayudó a Pedro I de Castilla contra Enrique de Trastámara, Figura 7.11 (Billings, 1843).

Será en el siglo XV, cuando se mezclarán la tradición musulmana, con el gótico europeo, construyéndose los cimborrios de las catedrales de Zaragoza, Tarazona y Teruel (Fuentes González, 2009).

Según Fuentes, debido a la complejidad y perfección de las bóvedas construidas en la macsura de Córdoba, debieron existir otras bóvedas que las precedieran, aunque actualmente no se conservan (Fuentes González, 2009). Aunque gran cantidad de investigadores atribuyen la procedencia de estas bóvedas a oriente, aún no se ha demostrado, ya que no existen bóvedas anteriores a las de Córdoba. Otros autores incluso apuestan por una influencia en las cordobesas de las bóvedas armenias, teniendo en cuenta una datación de las bóvedas armenias demasiado temprana y actualmente rectificada (Minne, 1956).

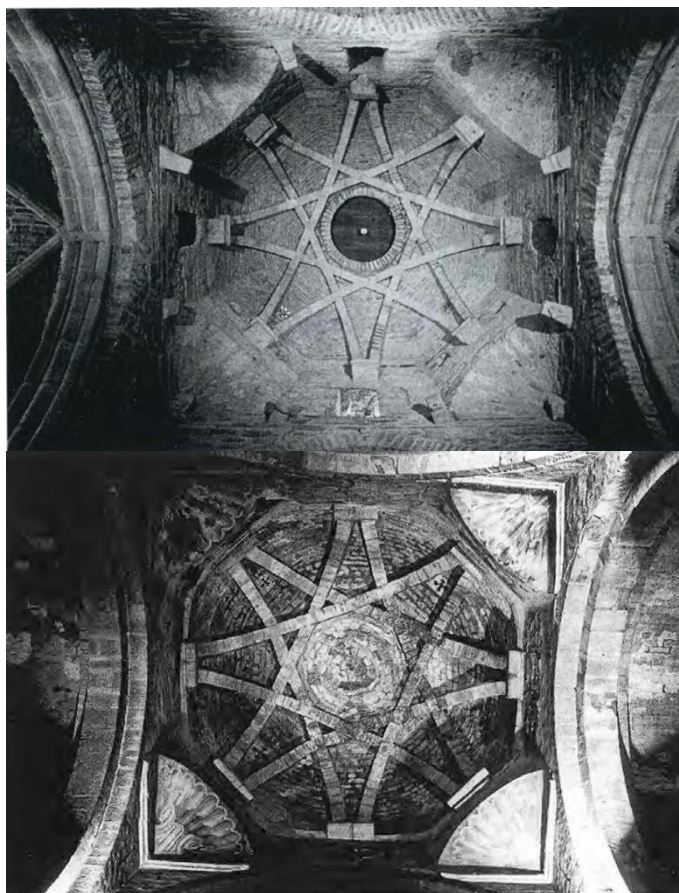


Figura 7.10. Bóvedas de Hôpital Saint-Blaise y Sainte-Croix d'Oloron (Sutter, 1997).



Localización de la Catedral de Durham.

Por último, Momplet Mínguez escribe acerca de la posibilidad de la existencia de unas bóvedas iguales en Madinat al Zahra de origen bizantino, al tener bóvedas gallonadas y estructuras de madera en su construcción (Momplet Mínguez, 2012). No obstante, Fuentes recuerda la importancia de las iglesias visigóticas, de las cuales los musulmanes utilizaron fustes, capiteles y cimacios para la construcción de la mezquita de Córdoba. Así como el uso del arco de herradura, incorporado por los constructores musulmanes (Fuentes González, 2013).

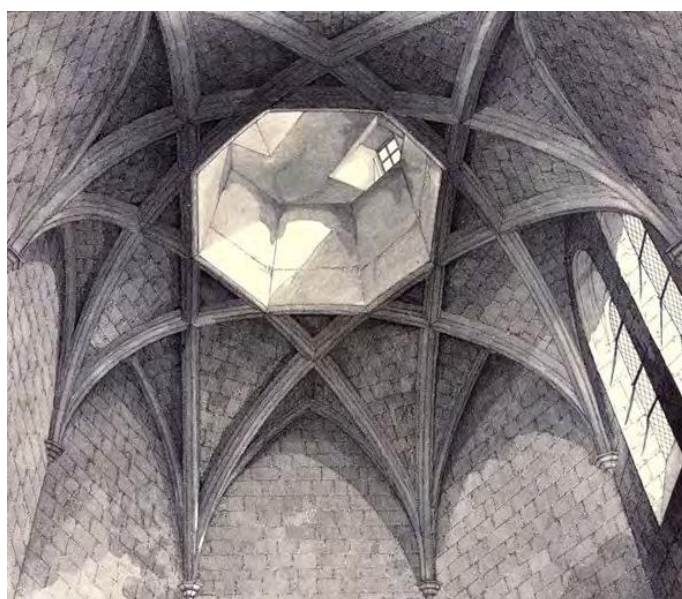


Figura 7.11. Bóvedas de la cocina de la Catedral de Durham (Billings, 1843).

“¿Sería muy atrevido suponer que se construyeran los primeros ensayos de bóvedas de arcos entrecruzados en las iglesias más importantes construidas por los reyes visigodos y destruidas posteriormente por los árabes? Desde luego es sólo una conjetura, pero no más aventurada que otras de las que se han recogido anteriormente. Existieran o no, lo que parece que no deja lugar a dudas, es que en la península ibérica se encontraban los elementos necesarios que pudieron provocar en algún arquitecto aventajado, la idea de construir este tipo de bóvedas.” (Fuentes González, 2013).

Baltrusaitis defiende que los nervios o arcos de las bóvedas armenias son estructurales, mientras que las bóvedas árabes son arcos meramente decorativos, simples ornamentos para embellecer la bóveda, Figura 7.12 (Baltrusaitis, 1936). Aunque a esto, se opone al tamaño de los arcos de las bóvedas de la macsura de Córdoba (Fuentes y Huertas, 2010).

Los defensores del arco como elemento decorativo exponen la necesidad de los mismos como tapajuntas de los plementos, o de la verdadera cúpula (Rabasa Díaz, 2008). Durante la primera y segunda guerra mundial gran cantidad de catedrales e iglesias góticas quedaron gravemente dañadas por los bombardeos. Tras finalizar ambas guerras y acometer la restauración de estos edificios se pudo analizar cómo había bóvedas que habían perdido los nervios y seguían en pie, solo con los plementos. Mientras que, en otros casos, eran los plementos los que habían caído y los nervios seguían manteniéndose en su sitio (Huerta, 2009).

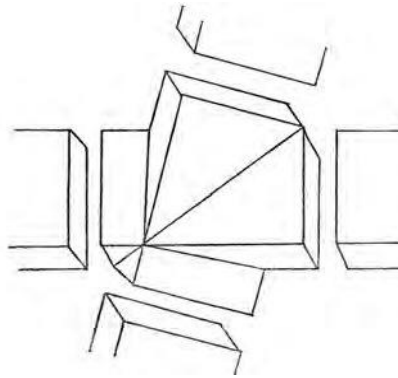


Figura 7.12. Supuesta clave de las bóvedas de arcos entrecruzados armenios (Baltrusaitis, 1936).

Tras los estudios llevados a cabo por Heyman en la década de 1960, formulando los principios del Análisis Límite de Estructuras de Fábrica, se pudo entender definitivamente si los arcos o nervios soportan una bóveda o son los plementos los que lo hacen (Heyman, 1966). Los nervios pueden cargar parte de la carga o nada en absoluto, pudiendo variar a lo largo de la historia del edificio. Lo mismo ocurre con los plementos, pueden estar o no estar soportados, o quizás, una cantidad indeterminada de los mismos esté soportada por los arcos, mientras el resto son soportados por ellos mismos (Fuentes y Huerta, 2010).

Por tanto, no es posible conocer el estado real de carga de una bóveda, ya que ínfimas diferencias pueden variar completamente el estado de carga actual, estaríamos por tanto ante un sistema que sigue la teoría del caos. Ésta rama de las matemáticas y la física trata los sistemas complejos, en los que pequeñas variaciones en las condiciones iniciales del cálculo implican grandes diferencias, no pudiendo predecir el comportamiento del sistema a largo plazo (Kellert, 1993). Esto mismo ocurre en las bóvedas góticas, en las que un simple desplome de unos pocos centímetros puede variar completamente el sistema de cargas existente. Por tanto, no hay una única solución del sistema. Esto, sin embargo, no significa que sea imposible comprender o analizar el estado estructural o el funcionamiento del mismo (Heyman, 1966).

3.7.1.5. Hipótesis de construcción de las bóvedas laterales de Macsura por Fuentes González

Tras las mediciones llevadas a cabo mediante el uso de una estación total láser, Fuentes González plantea una hipótesis de construcción de los arcos de las bóvedas laterales de macsura (Fuentes González, 2013).

“A partir de las mediciones y el estudio in situ de la construcción se ha llegado a la conclusión de que, en las bóvedas laterales, los nervios no se construyeron enteros de una vez, sino por partes: en primer lugar, la parte inferior, después hasta el segundo entrecruzamiento, y por último la parte central. Esto facilita enormemente la construcción, y se corresponde con las mediciones obtenidas. Las observaciones realizadas a la altura del tambor corroboraron esta hipótesis.”

Según la hipótesis planteada, los ocho arcos se construirían por partes, en primer lugar, se levantarían 16 arcos con un radio igual en todos ellos, Figura 7.13. Posteriormente, se construirían las uniones de estos arcos, Figura 7.13, añadido rojo. Por último, se terminarían de construir los arcos terminando el octógono superior, Figura 7.13, añadido azul.

Para la construcción solo harían falta unas pequeñas cimbras para los arcos iniciales y unos soportes de madera para el resto de la construcción, facilitando de esta forma el levantamiento de la bóveda, Figura 7.14.

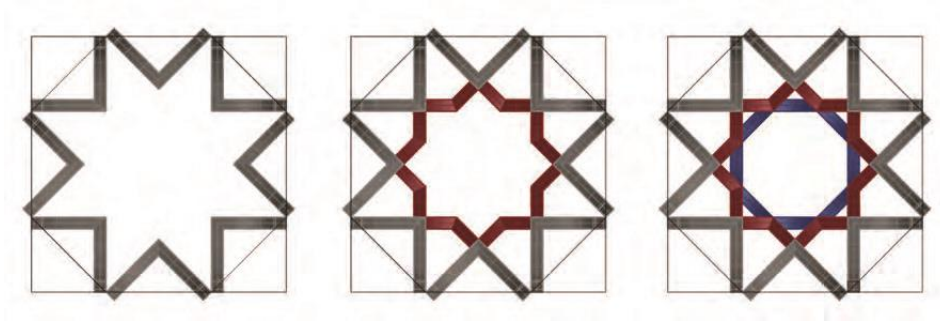


Figura 7.13. Propuesta de construcción de las bóvedas laterales de Macsura, (Fuentes González, 2013).

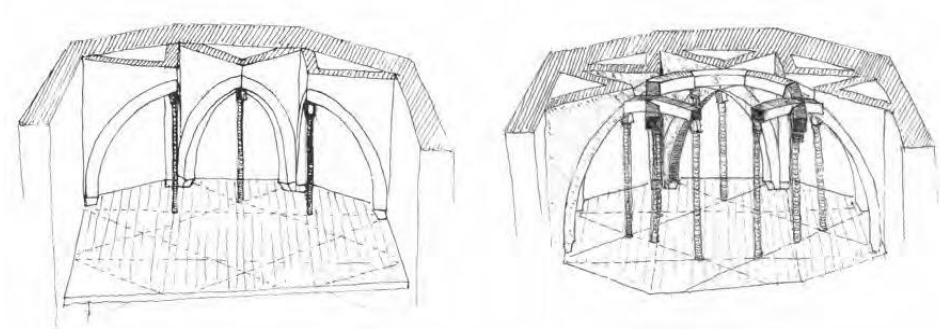


Figura 7.14. Propuesta de construcción de las bóvedas laterales de Macsura, (Fuentes González, 2013).

Si bien a priori la hipótesis pudiera ser válida, los estudios llevados a cabo en el proyecto de investigación la refutan, siendo necesaria una revisión del sistema constructivo, el cual se analizará en el apartado 3.7.2.4.

3.7.2. Metodología y Resultados

3.7.2.1. Sistema de toma de datos

Para la toma de datos se hará uso de técnicas de fotogrametría SFM. Pero en primer lugar se tomarán los puntos de control necesarios para su posterior escalado y georreferenciación.

I) Puntos de Control

El primer paso será llevar a cabo una correcta planificación del trabajo y de los puntos de control necesarios para los levantamientos fotogramétricos que sean necesarios realizar durante el proceso de obra. En este caso, fueron colocados un total de 52 puntos en cada una de las bóvedas. Aunque para una reconstrucción fotogramétrica solo son necesarios 3 puntos, la complejidad de las bóvedas y la estructura del andamio hizo necesaria la ubicación de un mayor número de puntos.

Los puntos fueron colocados durante el proceso de obra, una vez montados los andamios necesarios para acceder a la parte superior. Se realizó la toma fotogramétrica de cada una de las bóvedas, y una vez concluidos los trabajos y retirados los andamios, se procedió a georreferenciar cada uno de los puntos colocados con una estación total láser servoasistida *Trimble 5503 DR200*. En este caso y al igual que ya se analizó en el Capítulo 3.6, solo será necesario un estacionamiento.

II) Ubicación de los puntos de control

La ubicación de los puntos de control puede verse en el Anexo V en cada uno de los alzados representados para la bóveda Oeste. Dos tipos de puntos de control han sido los utilizados para el levantamiento topográfico de las bóvedas. En el primer caso, se utilizaron círculos de pegatina para colocar los puntos en los fustes de mármol de la zona superior. En el segundo caso, el punto fue pintado mediante tempera, fácilmente reversible con el uso de bisturí, debido a la imposibilidad de pegar los puntos sobre el revestimiento de las paredes.

La nomenclatura seguida a lo largo del análisis para denominar los arcos, plementos y muros será el mostrado en la Figura 7.15 y Figura 7.16 para la bóveda oeste y este. Los muros serán denominados Unidad Constructiva (UC), los arcos serán denominados elementos (EC), mientras que los plementos han sido denominados como huecos (HC), siguiendo con la nomenclatura ya utilizada en el resto de obras y restauraciones que se llevan a cabo en la Mezquita-Catedral de Córdoba.

De esta forma, en los planos siempre se hará referencia al Ámbito en el que nos encontremos, es decir, la zona en estudio (Ámbito 55 para la cúpula oeste y Ámbito 75 para la cúpula este). Además, se hará referencia a la UC, Unidad Constructiva del alzado que se esté representando o analizando en cada momento.

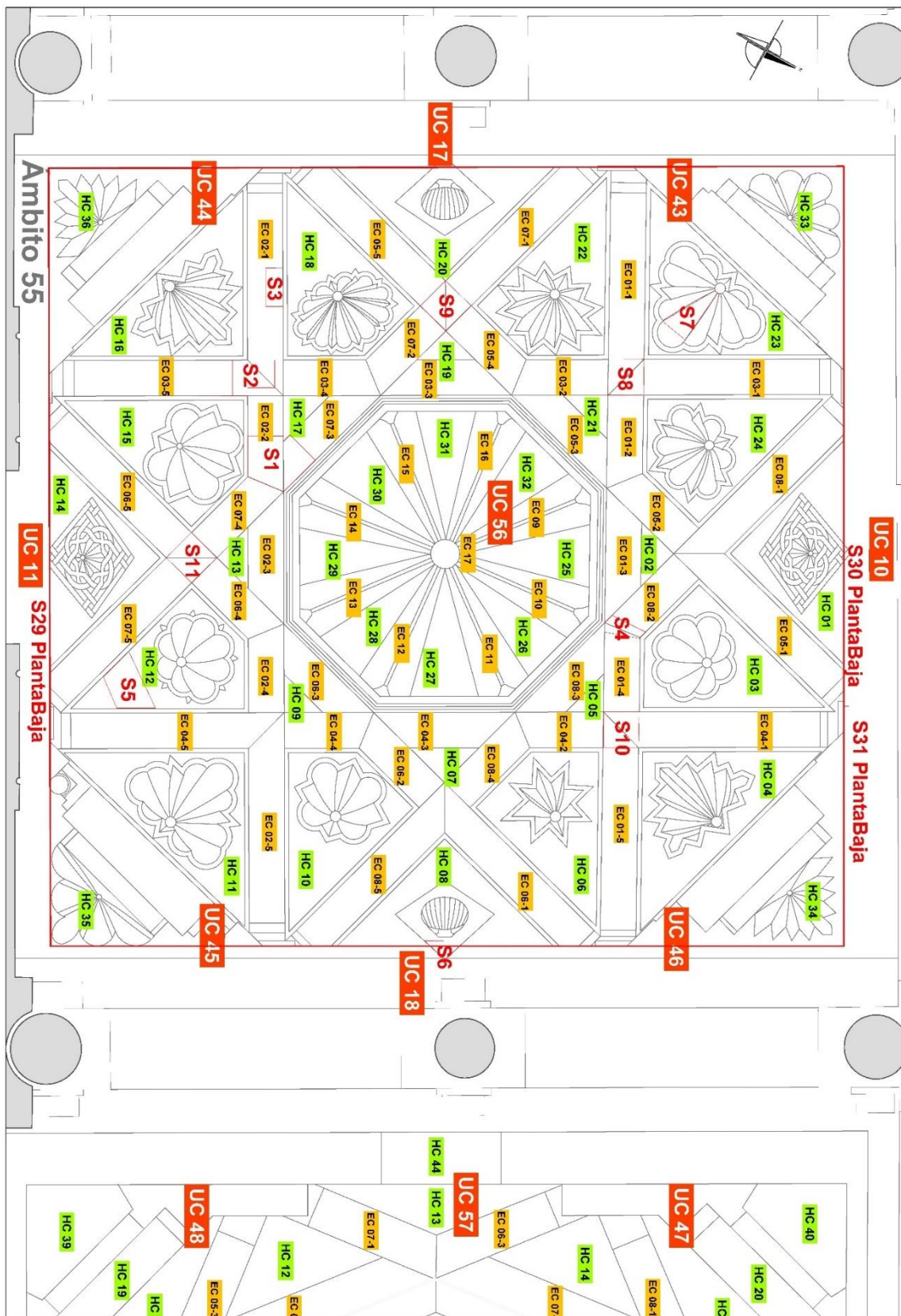


Figura 7.15. Nomenclatura utilizada para la denominación de los muros, arcos y plementos de la bóveda Oeste.

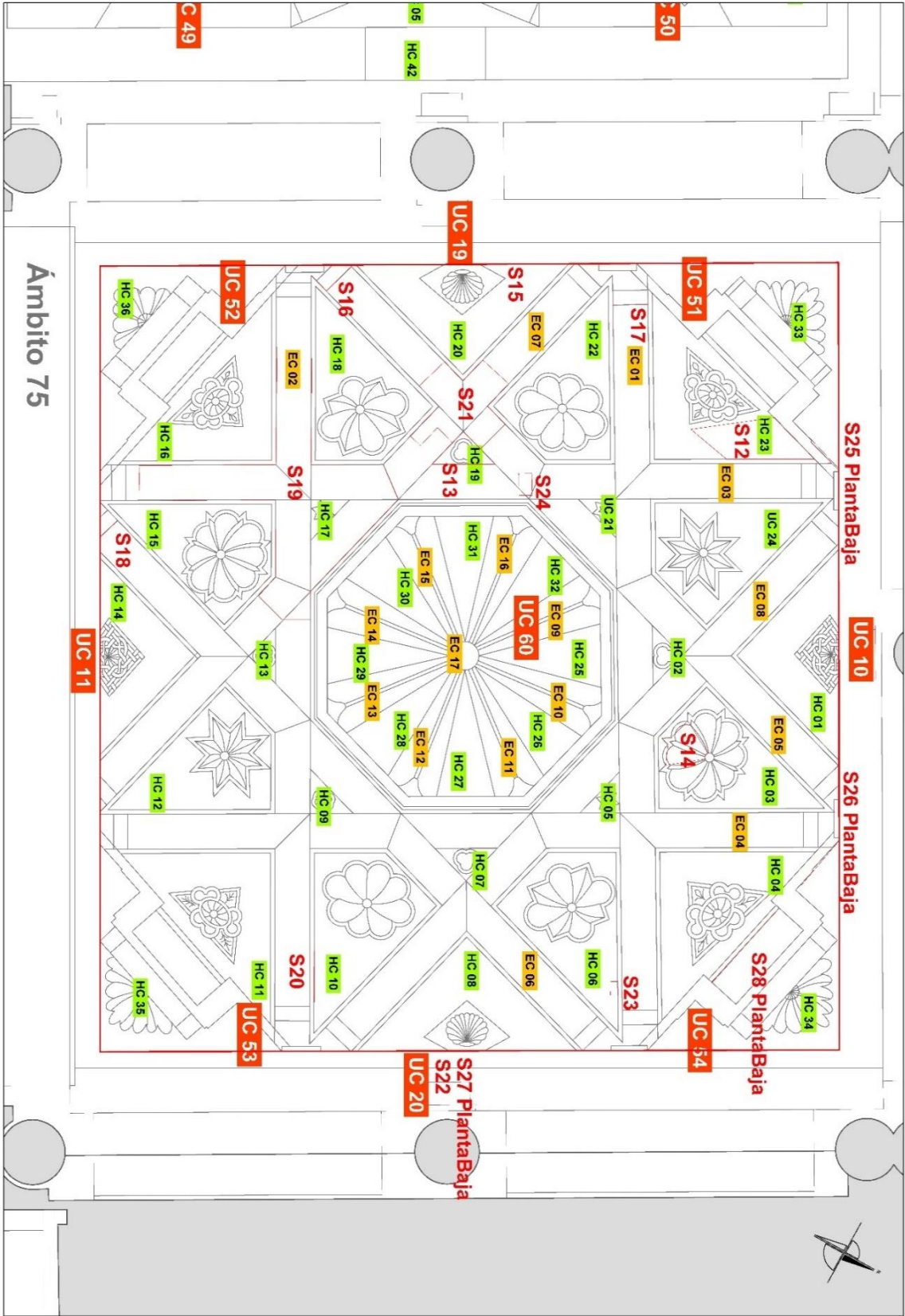


Figura 7.16. Nomenclatura utilizada para la denominación de los muros, arcos y plementos de la bóveda Este.

3.7.2.2. Fotogrametría SFM de las bóvedas de macsura.

La toma de fotografías, para la creación de los modelos tridimensionales, se ha llevado a cabo con una cámara Nikon D3200 con 24,2 Mpixels, la cual porta un sensor CMOS de 23,2 mm x 15,4 mm. Como objetivo se escogió un AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR, (Nikon, 2017), fijando en 24mm la distancia focal.

Se ha realizado a lo largo de la intervención un modelo tridimensional de cada una de las bóvedas intervenidas en macsura. Para ello se han realizado fotografías tanto del estado previo de la bóveda, como del estado final de los sondeos llevados a cabo. En la Tabla 7.1 se muestra el número de fotografías realizadas para la reconstrucción tridimensional del interior y de los sondeos para cada una de las bóvedas. Además, han sido documentadas exteriormente, generando un modelo tanto de los paramentos exteriores como de las cubiertas de tejas actuales. Por último, la bóveda central ha sido documentada también por su extradós, de forma que ha podido ser posible analizar el sistema constructivo de las vigas de madera de su interior.

Localización	Nº Fotografías
Cúpula Este - Interior	5.611
Cúpula Este – Sondeos	2.195
Cúpula Este – Cubiertas	2.569
Cúpula Central – Interior	12.004
Cúpula Central – Cubiertas	2.643
Cúpula Oeste – Interior	5.100
Cúpula Oeste - Sondeos	2.104
Cúpula Oeste – Cubiertas	2.657
<i>TOTAL</i>	<i>34.883</i>

Tabla 7.1. Localización y número de fotografías realizadas durante el proceso de fotogrametría.

Además de los modelos de las cúpulas generados, también se han documentados los paramentos interiores de macsura, incluidos los mosaicos y las decoraciones de ataurique de sus arcos. A continuación, se muestran una serie de figuras con algunos de los modelos tridimensionales realizados. En estos modelos puede observarse la alta precisión obtenida en los modelos generados, precisión que ha sido verificada como ya ha sido analizado en los capítulos 3.5 y 3.6.

Cúpula Este



Figura 7.17. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Perspectiva de la bóveda.



Figura 7.18. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Perspectiva inferior de la bóveda.



Figura 7.19. Modelo fotogramétrico de la bóveda Este. Paramentos exteriores desde el Norte.

Cúpula Oeste



Figura 7.20. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Perspectiva

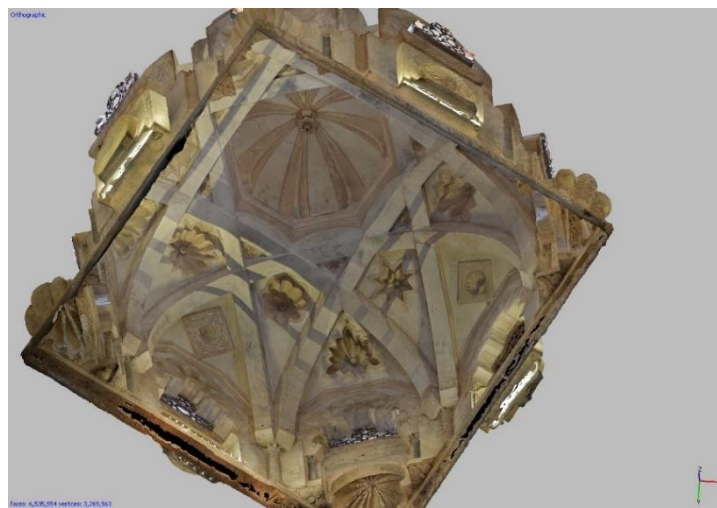


Figura 7.21. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Perspectiva inferior.

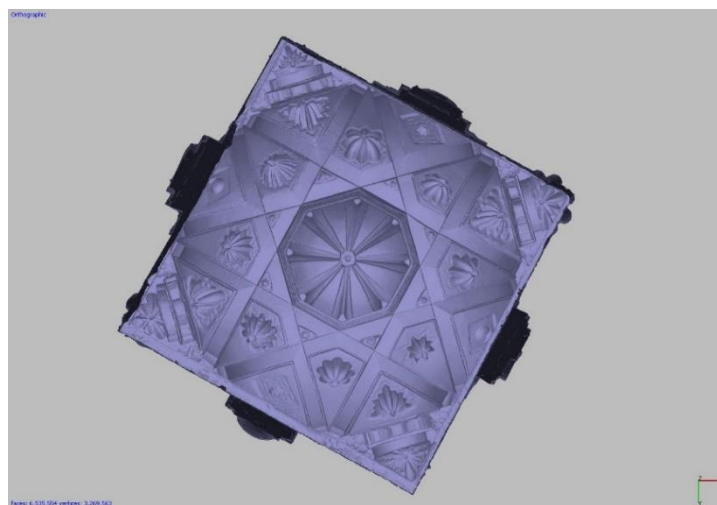


Figura 7.22. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Malla de la bóveda sin textura.



Figura 7.23. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Detalle del interior del modelo con textura.

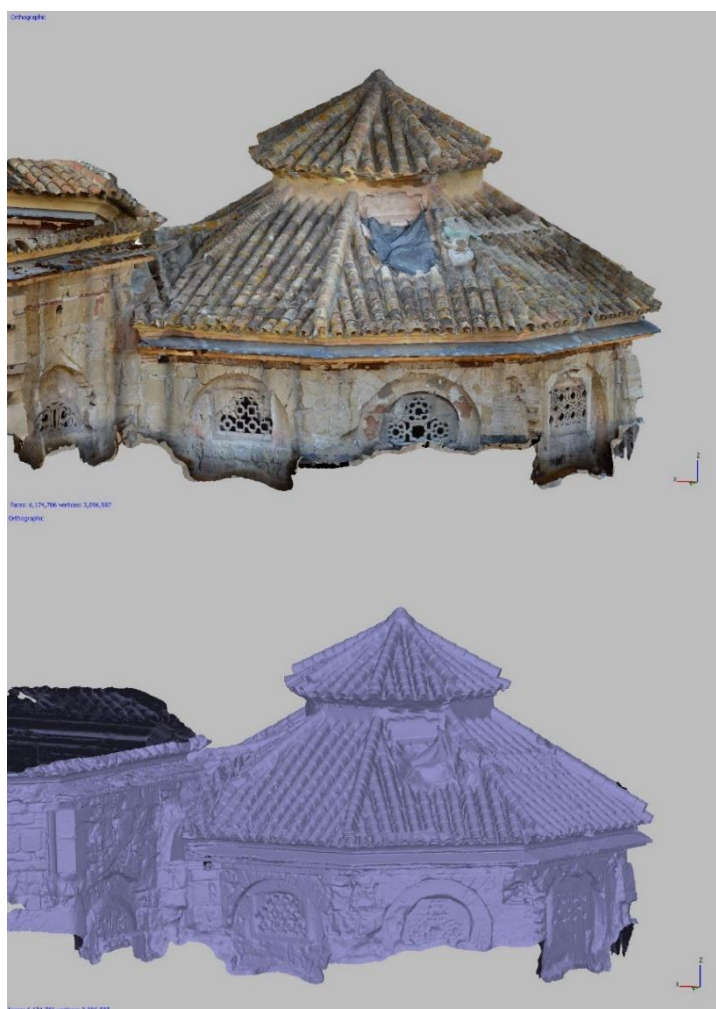


Figura 7.24. Modelo fotogramétrico de la bóveda Oeste. Paramentos exteriores desde el Norte, con y sin textura.

Cúpula Central



Figura 7.25. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Perspectiva.

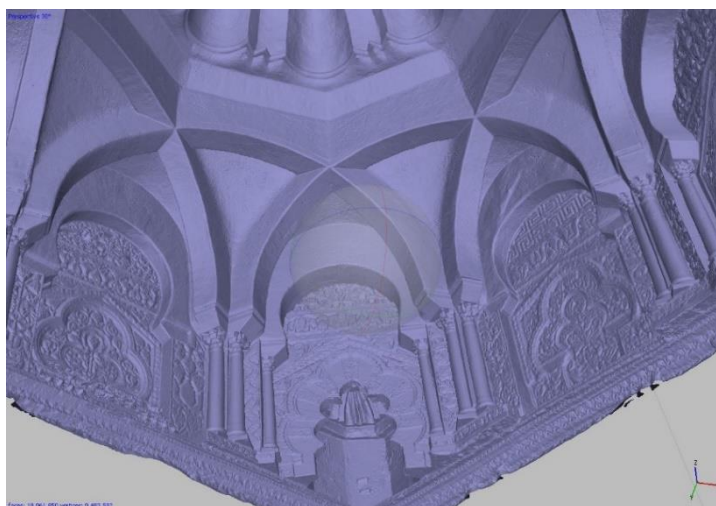


Figura 7.26. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Perspectiva inferior.



Figura 7.27. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Detalle del interior.



Figura 7.28. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Detalle del interior.

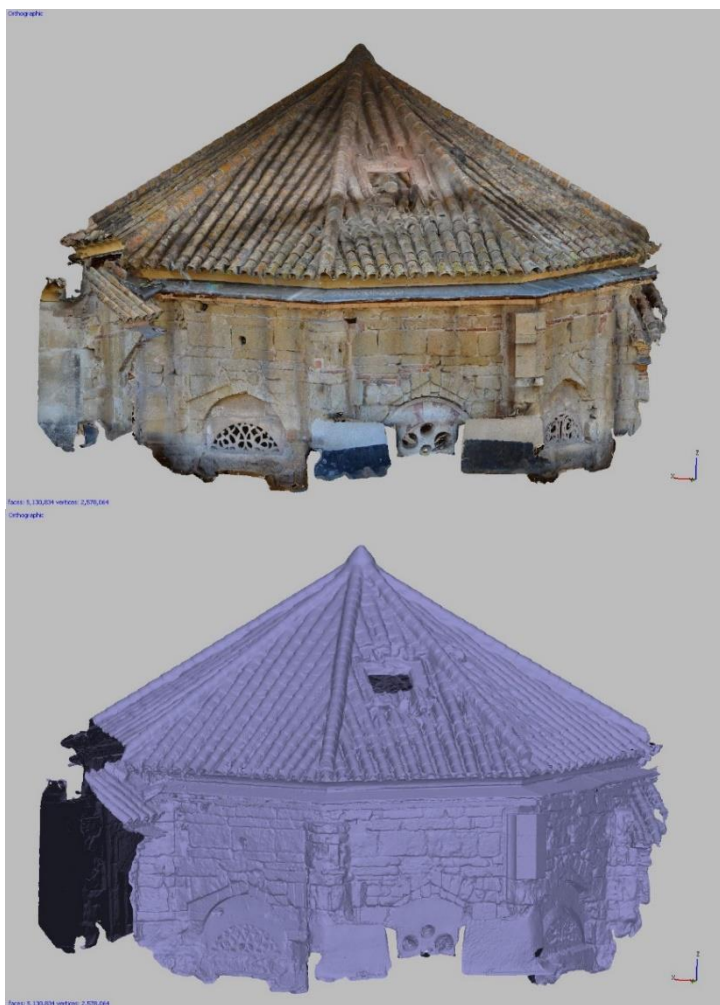


Figura 7.29. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Paramentos exteriores desde el Norte, con y sin textura.

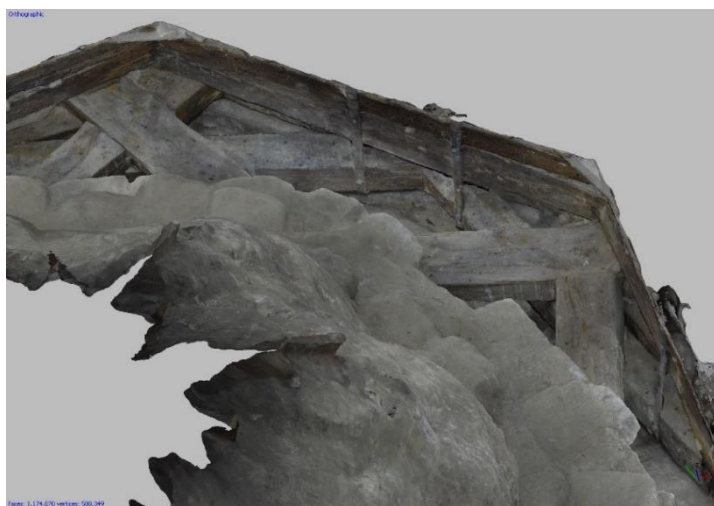


Figura 7.30. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Extradós de la bóveda. Se observan las vigas de madera y parte de los plamentos de la cúpula gallonada.



Figura 7.31. Modelo fotogramétrico de la bóveda central. Sección de la bóveda N-S.

Los modelos fotogramétricos generados han sido georreferenciados de igual forma a la estudiada en el Capítulo 3.5. Haciendo uso de los modelos tridimensionales de cada una de las bóvedas y de los sondeos que en ellas han sido realizados, se ha podido analizar el sistema constructivo de las bóvedas laterales. Asimismo, se ha generado una completa planimetría de las bóvedas de las cuales se muestra un ejemplo de la bóveda oeste en el Anexo V.

Aunque han sido muchos más los modelos tridimensionales generados en macsura, solo han sido incluidos aquellos referentes a las bóvedas en estudio. En un espacio de tiempo aún por determinar, todos los modelos y documentación generados en la investigación serán alojados en la página web de la Mezquita-Catedral de Córdoba, <https://mezquita-catedraldecordoba.es/>

3.7.2.3. Planimetría de las bóvedas

1) Medidas Generales y geometría de las cúpulas laterales

Fernández-Puertas publica el trazado de las bóvedas laterales de macsura, Figura 7.32 (Fernández-Puertas, 2009). Las bóvedas laterales se construyen mediante el paso del cuadrado al octógono haciendo uso de cuatro trompas. Los arcos, paralelos dos a dos, nacen en los vértices del octógono. El cruce de los ocho arcos produce un segundo octógono, cubierto mediante una bóveda central gallonada. Los plementos entre arcos se decoran con estrellas y flores talladas.

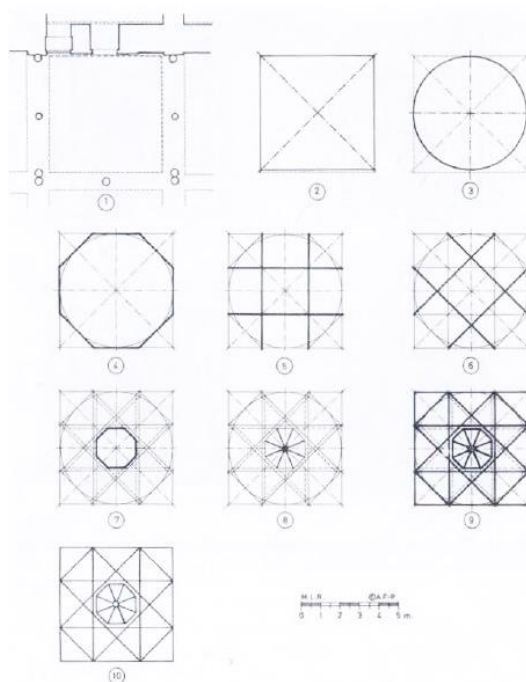


Figura 7.32. Trazado geométrico de las bóvedas, (Fernández-Puertas, 2009).

En la Figura 7.33 y Figura 7.34 se muestra la planta de las cúpulas este y oeste con la signatura utilizada para cada uno de los ocho arcos que las conforman. Asimismo, se han marcado dos de las mediciones realizadas en cada bóveda para analizar el ancho de los arcos. En la Tabla 7.2 se muestran los resultados obtenidos en la medición del ancho de cada uno de los ocho arcos de ambas bóvedas. Además, se ha comprobado la medición con el número de codos ma'muni equivalente. Este tipo de codo ya fue analizado en el Capítulo 3.1 y su equivalencia es de 0,471 metros.

La media del ancho del arco en las bóvedas es de 0,23 m para la bóveda oeste, y 0,235 m para la bóveda este. El arco con menor ancho medido arroja 0,217 m (bóveda oeste) y el de mayor ancho 0,247 m (bóveda este). La media de codos ma'muni en las bóvedas es de 0,487-0,498, medida muy cercana al medio codo. Medida ésta que pudo ser la utilizada con gran probabilidad en el diseño de estas bóvedas.

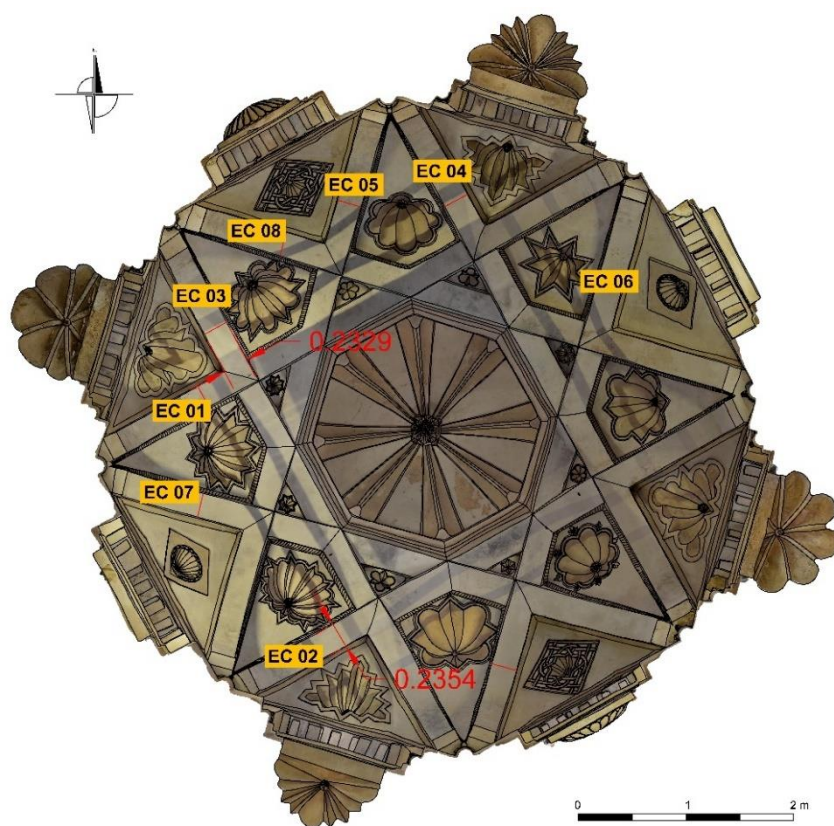


Figura 7.33. Planta de la bóveda Oeste. Signatura y mediciones realizadas en los arcos de la bóveda.

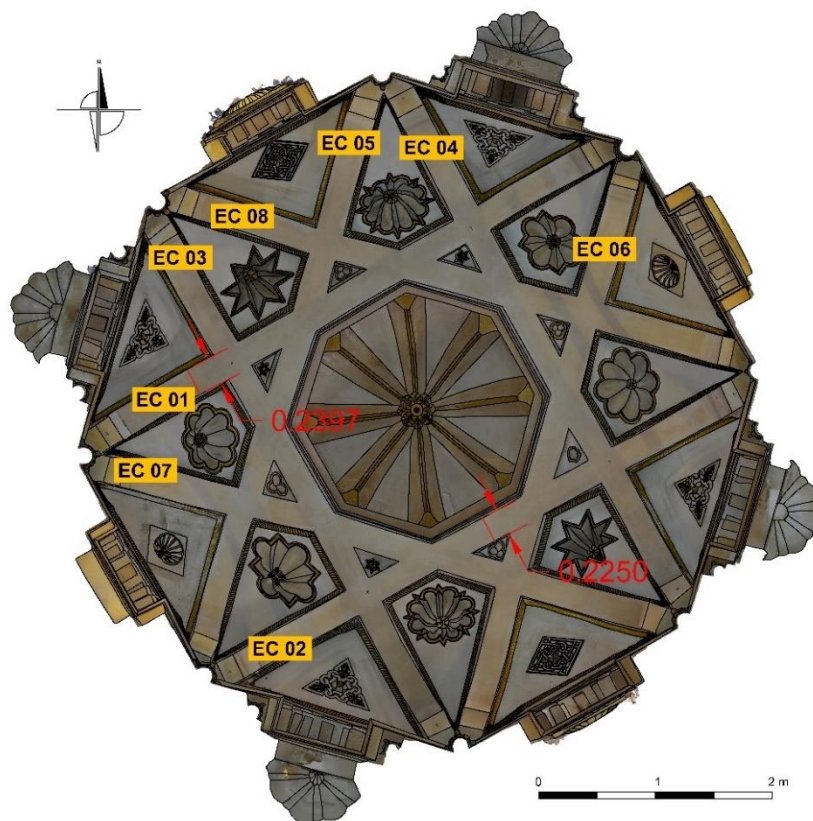


Figura 7.34 Planta de la bóveda Este. Signatura y mediciones realizadas en los arcos de la bóveda.

<i>MEDICIÓN ARCOS BÓVEDA OESTE</i>		
<i>ARCO</i>	<i>ANCHO (cm)</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>
EC01	0.217	0.46
EC02	0.235	0.498
EC03	0.233	0.494
EC04	0.239	0.507
EC05	0.225	0.477
EC06	0.238	0.505
EC07	0.225	0.477
EC08	0.227	0.481
<i>MEDIA</i>	<i>0.23</i>	<i>0.487</i>
<i>MEDICIÓN ARCOS BÓVEDA ESTE</i>		
<i>ARCO</i>	<i>ANCHO (cm)</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>
EC01	0.24	0.509
EC02	0.225	0.477
EC03	0.238	0.505
EC04	0.23	0.488
EC05	0.243	0.515
EC06	0.247	0.524
EC07	0.228	0.483
EC08	0.23	0.488
<i>MEDIA</i>	<i>0.235</i>	<i>0.498</i>

Tabla 7.2. Medición del ancho de los arcos de las bóvedas laterales de macsura y comparación con nº de codos.

En las siguientes páginas se muestran las mediciones realizadas en planta sobre ambas bóvedas. En este caso para medir los lados del octógono y de los cuadrados que forman la figura geométrica base de estas bóvedas. Las medidas en rojo son en metros y en azul su equivalencia en codos ma'muni.

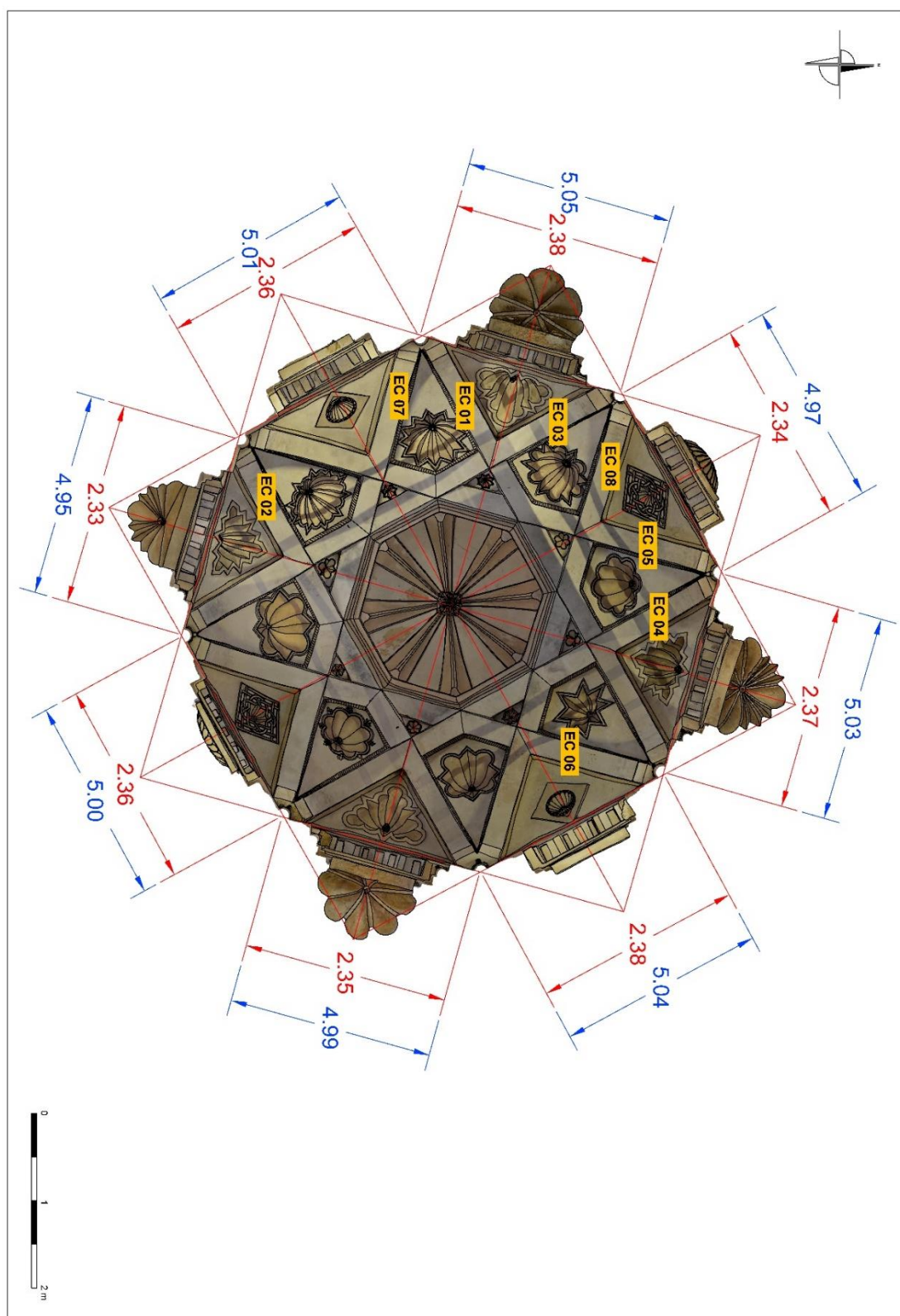


Figura 7.35 Planta de la bóveda Oeste. Medición de los lados del octógono. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.

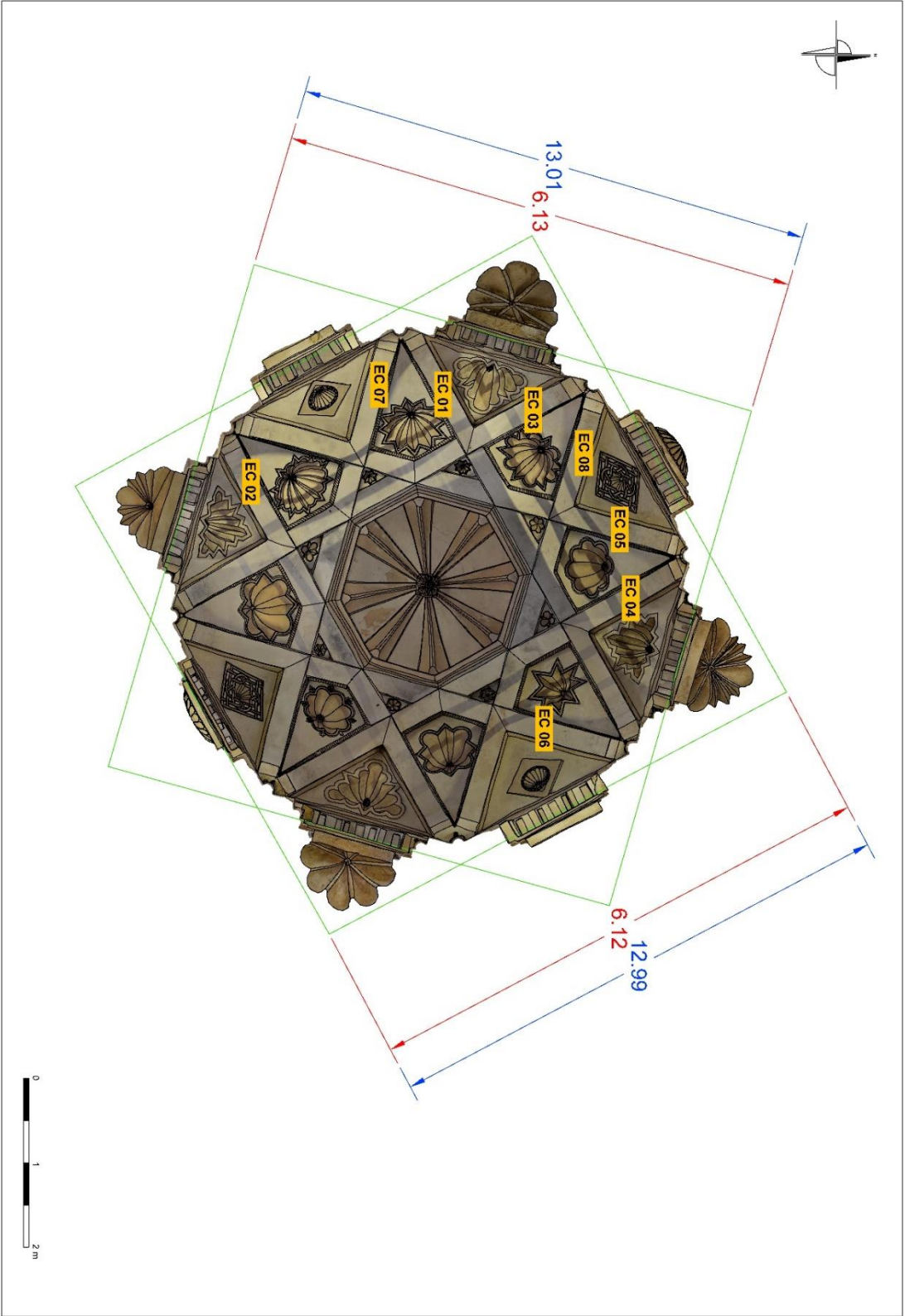


Figura 7.36 Planta de la bóveda Oeste. Medición de los lados del cuadrado. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.

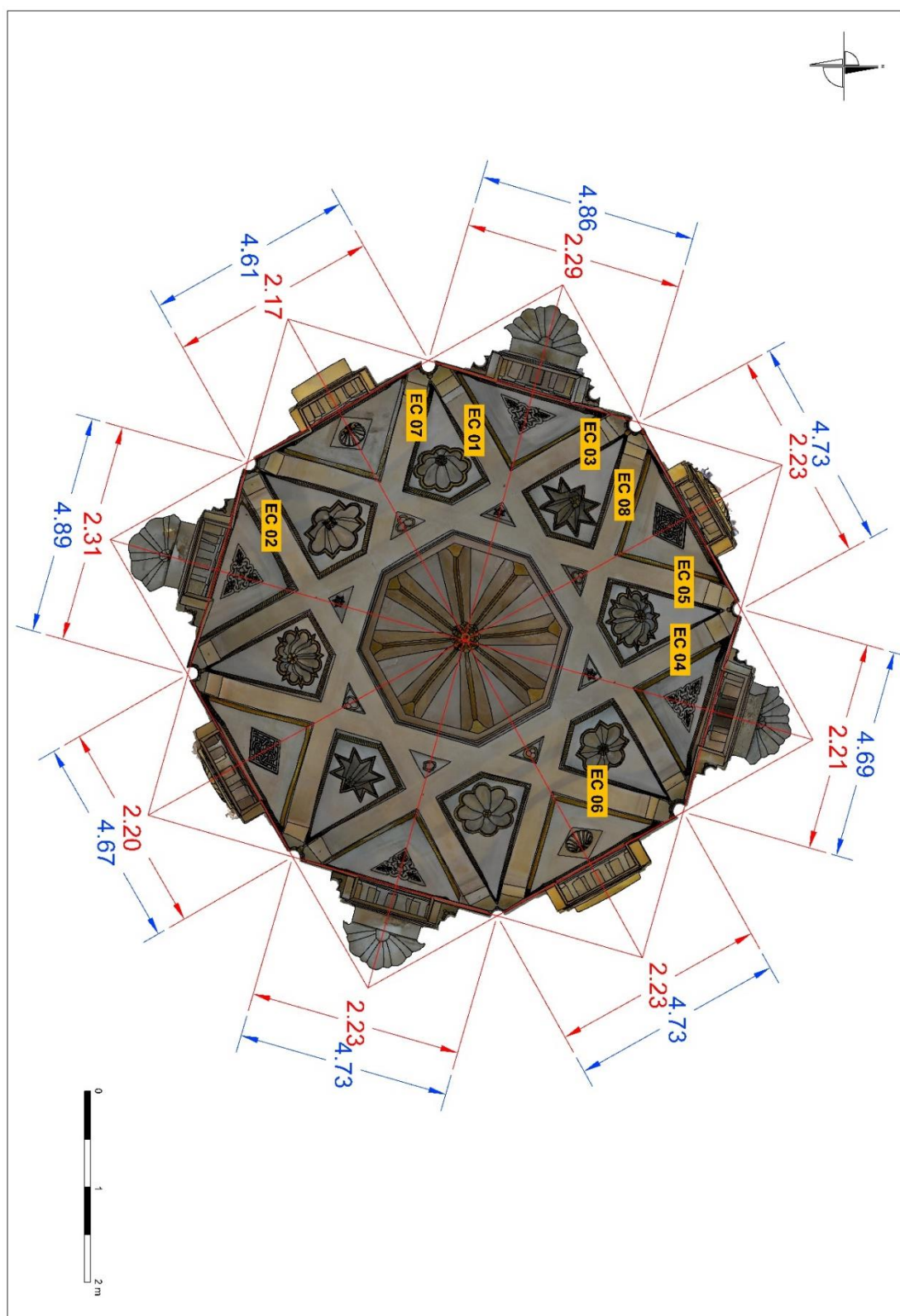


Figura 7.37 Planta de la bóveda Este. Medición de los lados del octógono. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.

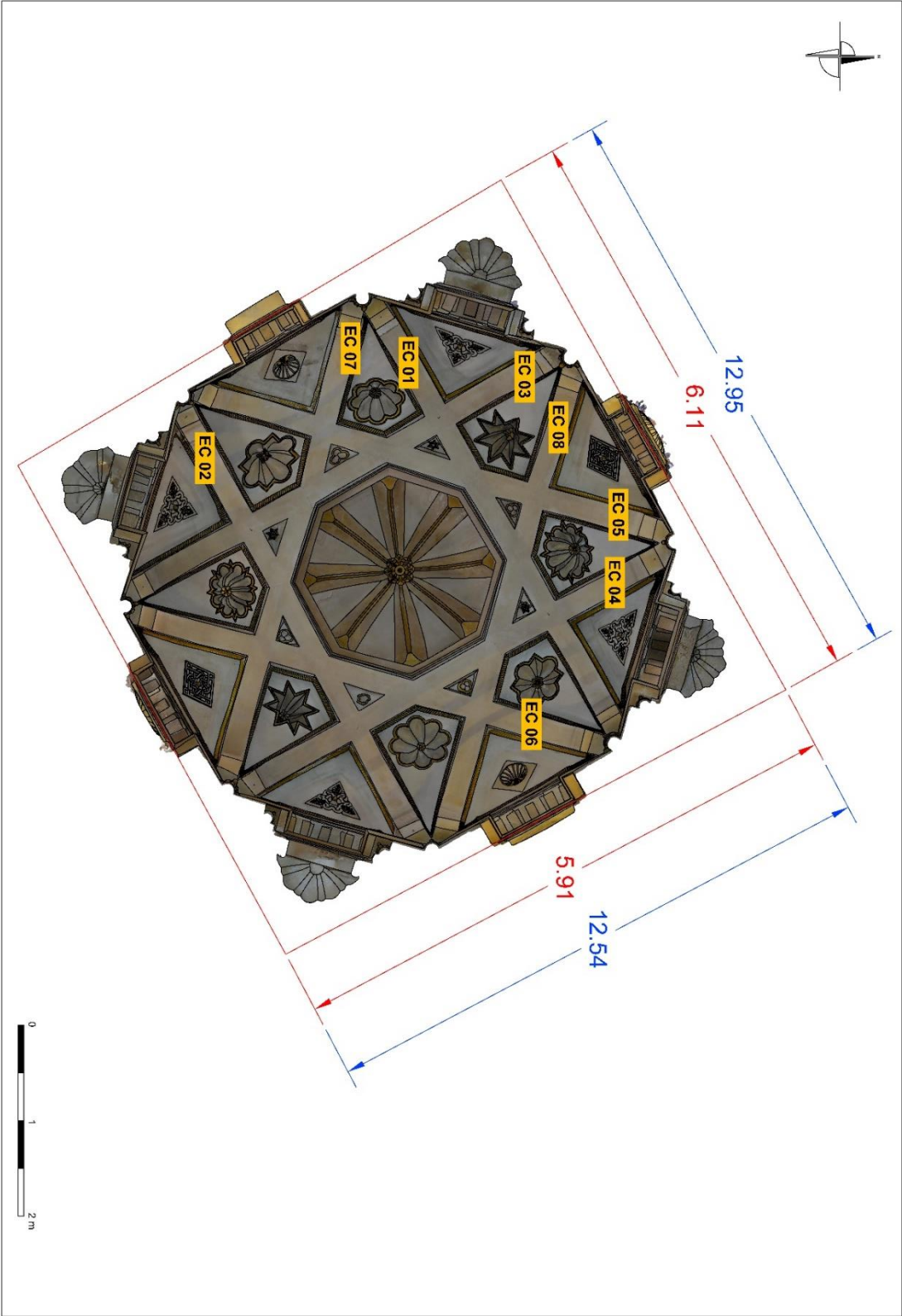


Figura 7.38 Planta de la bóveda Este. Medición de los lados del cuadrado. En rojo en metros y en azul en codos ma'muni.

Las mediciones llevadas a cabo en cada uno de los lados del octógono que conforman ambas bóvedas han sido recopilados y analizados en la Tabla 7.3 para la bóveda oeste y la Tabla 7.4 para la bóveda este.

Las medidas están en metros, y cada lado se ha identificado haciendo uso de su UC (Unidad Constructiva) correspondiente, siendo la UC10 la ubicada al Norte y el resto siguiendo el sentido de las agujas del reloj. Para una correcta identificación véase la Figura 7.15 y Figura 7.16 para obtener la numeración de cada UC.

La media medida en los lados del octógono de la cúpula oeste es de 2,36 metros. Siendo de 5 el número de codos ma'muni para cada lado. La medición se ha realizado desde los puntos de intersección de los lados, puntos ocultos por las pequeñas columnas que sirven de decoración para el apeo de los arcos.

En cuanto a los lados de los cuadrados que conforman el octógono, miden 6,12 metros, lo que equivale a 13 codos ma'muni, de nuevo un número entero de codos, lo que muestra una alta probabilidad de ser el número de codos utilizado por el arquitecto para el diseño de la bóveda.

Por otro lado, las medidas tomadas en la bóveda este se muestran en la Tabla 7.4. La media de los lados del octógono es de 2,23 metros, lo que equivale a una media de 4,74 codos ma'muni para cada lado. Esta es una de las primeras diferencias encontradas entre las dos bóvedas. Aunque el diseño de ellas es el mismo, los lados del octógono pasan a ser de 4,75 codos y no 5 codos como la bóveda oriental.

<i>MEDICIÓN LADOS BÓVEDA OESTE</i>		
<i>UC</i>	<i>ANCHO (m)</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>
10	2.34	4.97
46	2.37	5.03
18	2.38	5.04
45	2.35	4.99
11	2.36	5.00
44	2.33	4.95
17	2.36	5.01
43	2.38	5.05
<i>MEDIA</i>	<i>2.36</i>	<i>5</i>

Tabla 7.3. Medición de los lados de la bóveda oeste y comparación con el nº de codos ma'muni.

<i>MEDICIÓN LADOS BÓVEDA ESTE</i>		
<i>UC</i>	<i>ANCHO (m)</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>
10	2.23	4.73
54	2.21	4.69
20	2.23	4.73
53	2.23	4.73
11	2.20	4.67
52	2.31	4.89
19	2.17	4.61
51	2.29	4.86
<i>MEDIA</i>	<i>2.23</i>	<i>4.74</i>

Tabla 7.4. Medición de los lados de la bóveda este y comparación con el nº de codos ma'muni.

La medida del cuadrado que conforma el octógono arroja 5,91 y 6,11 metros de lado, lo que equivale a 12,54 y 12,95 codos ma'muni respectivamente. En este caso, aunque se acerca a la medida utilizada en la bóveda oeste, sigue siendo un valor inferior.

En las siguientes páginas se han incluido los ocho alzados de cada una de las bóvedas con el trazado, centros y radios de los arcos. Los alzados de la bóveda oeste han sido incluidos sin ortofotografía ya que han sido dibujados para el proyecto de investigación. Por el contrario, los alzados de la bóveda este han sido incluidos con ortofotografía, ya que aún se encuentran en proceso de dibujo para el proyecto.

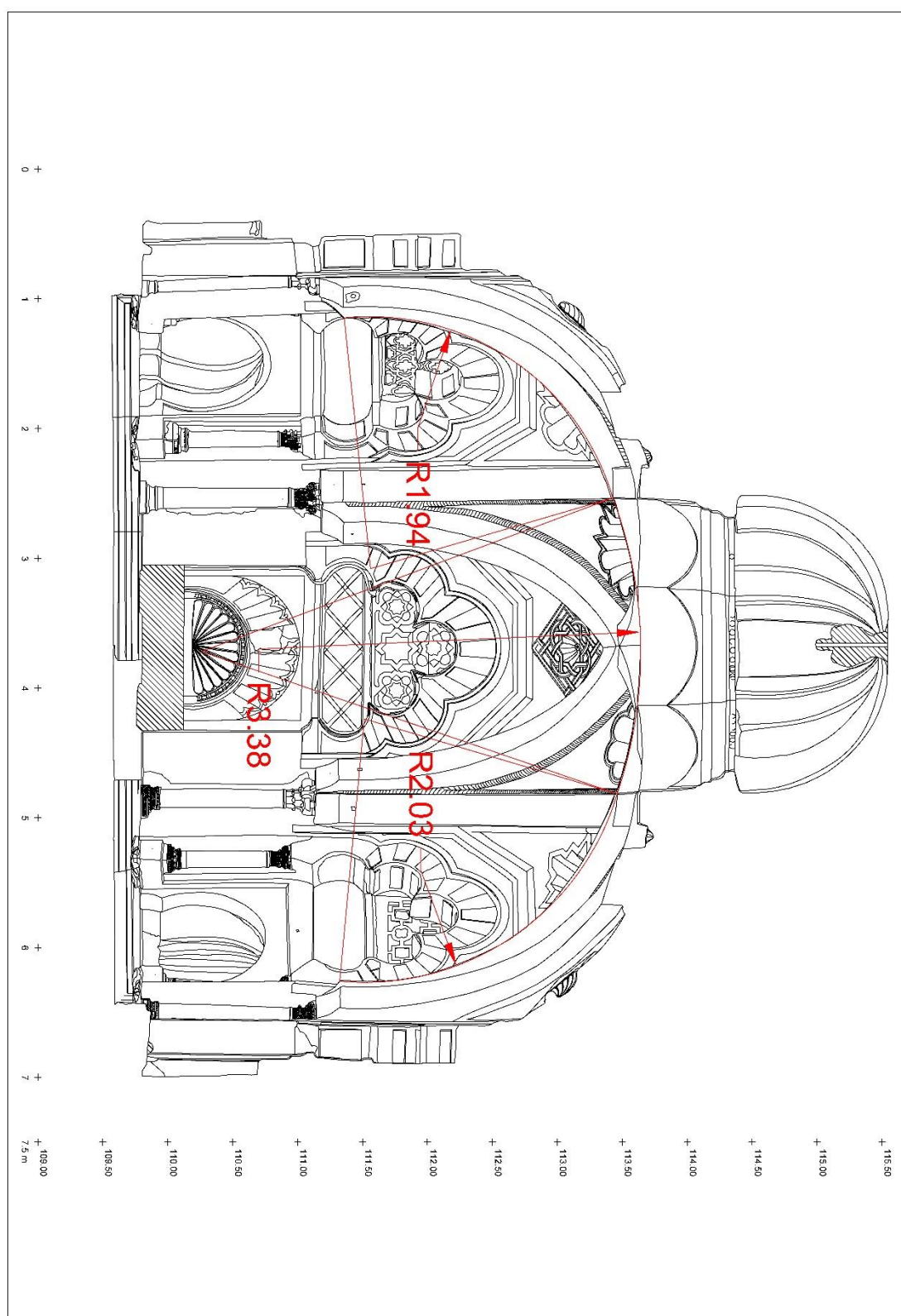


Figura 7.39. Bóveda oeste. UC10, arco EC01.

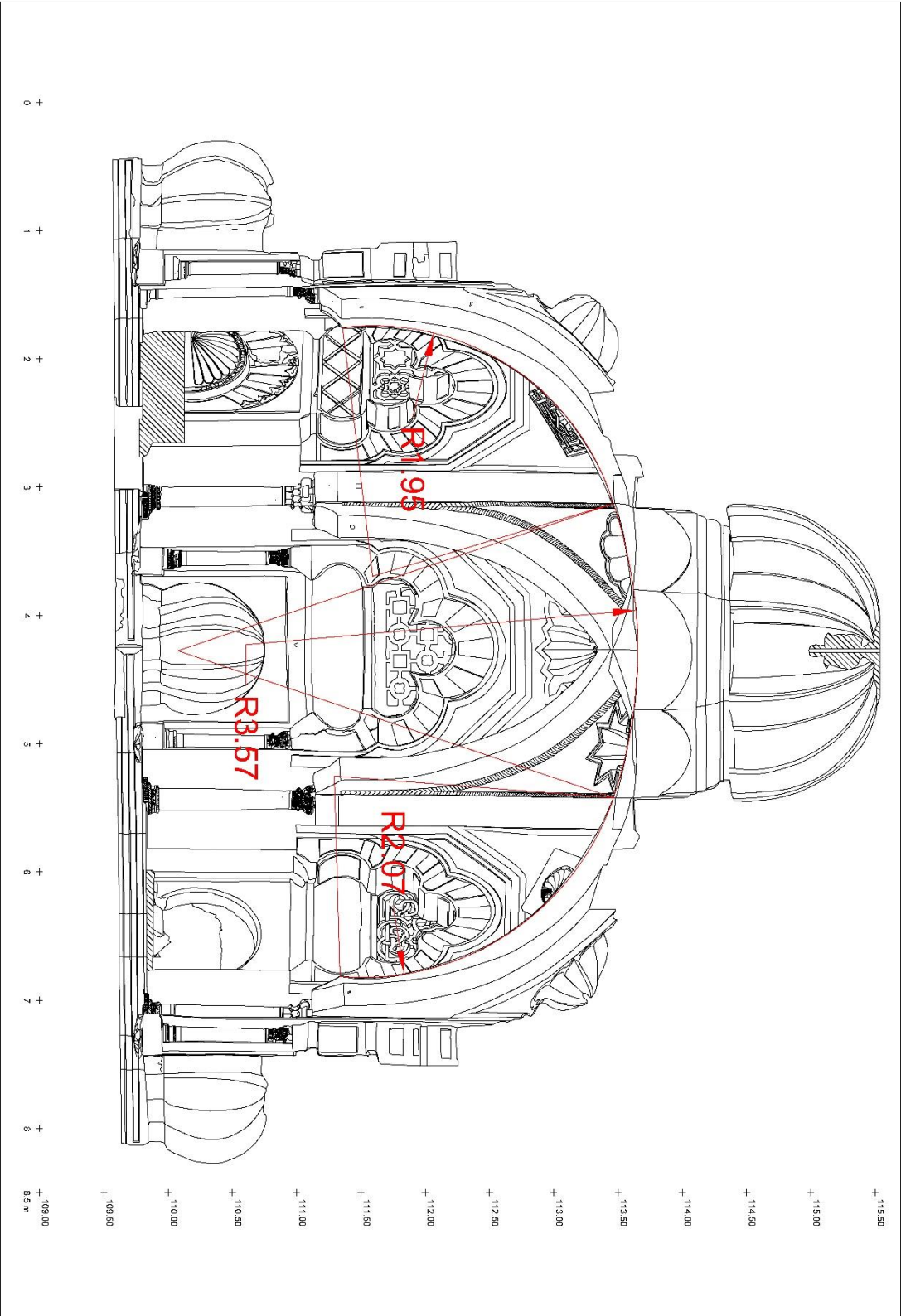


Figura 7.40. Bóveda oeste. UC46, arco EC08.

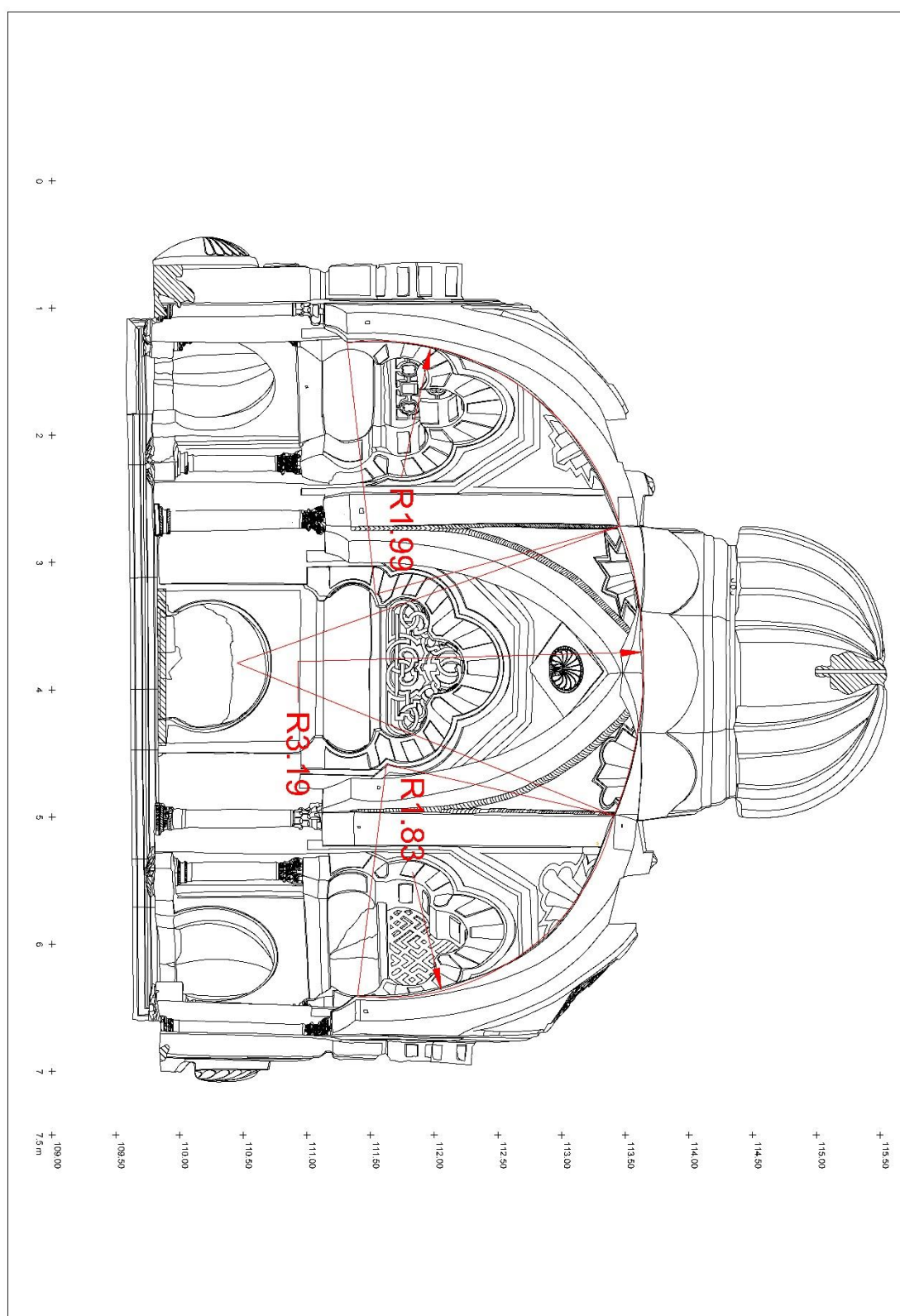


Figura 7.41. Bóveda oeste. UC18, arco EC04.

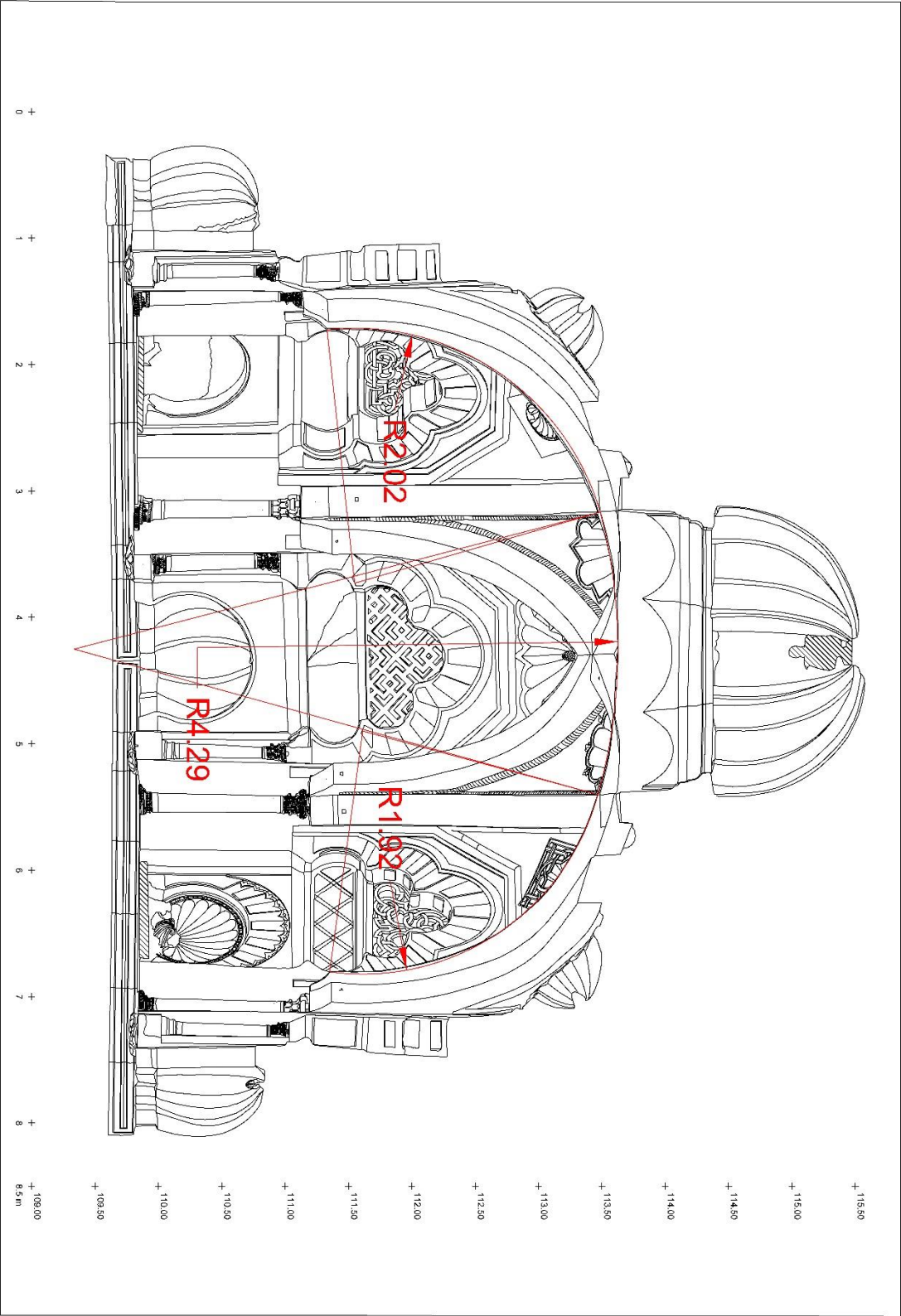


Figura 7.42. Bóveda oeste. UC45, arco EC06.

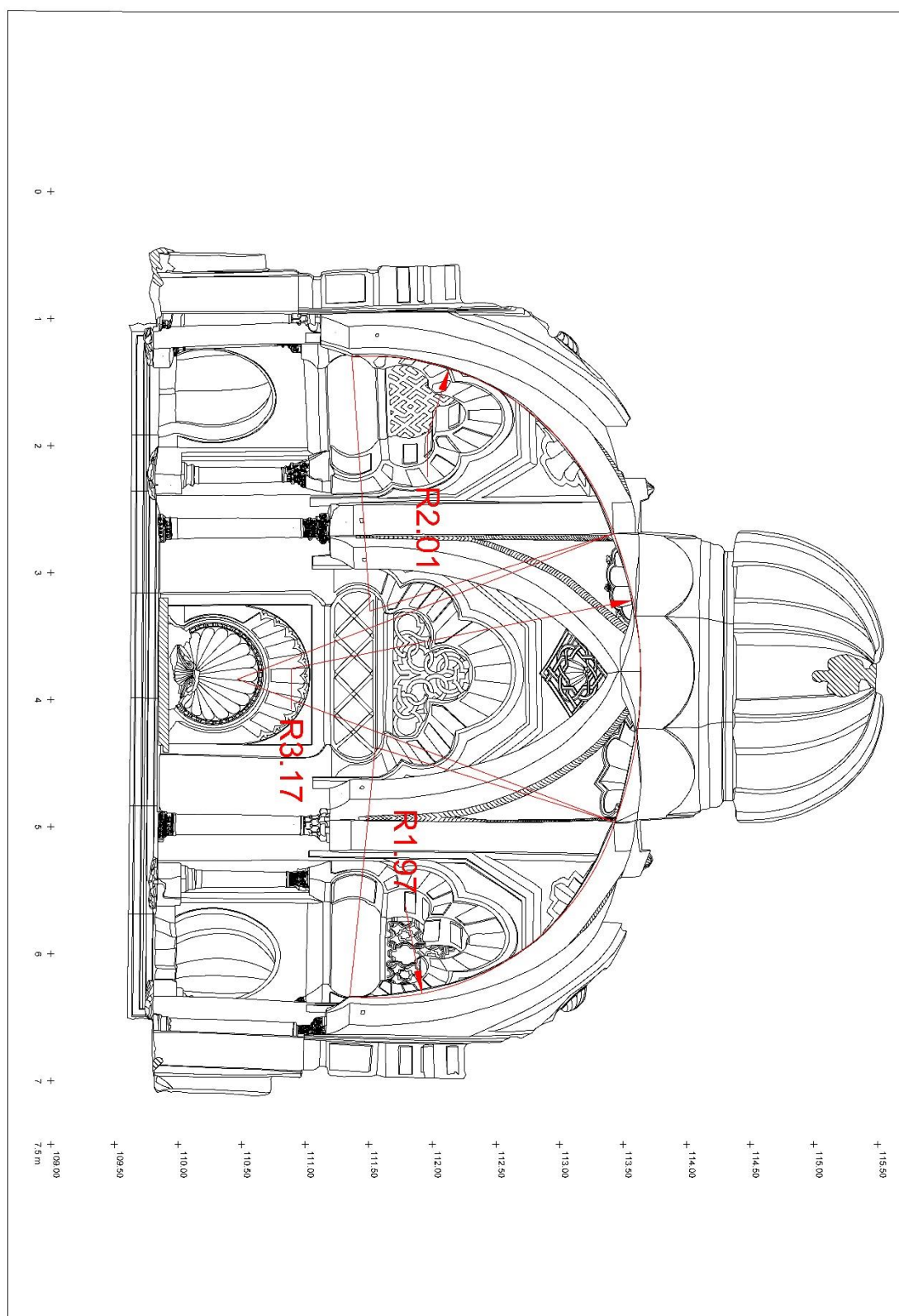


Figura 7.43. Bóveda oeste. UC11, arco EC02.

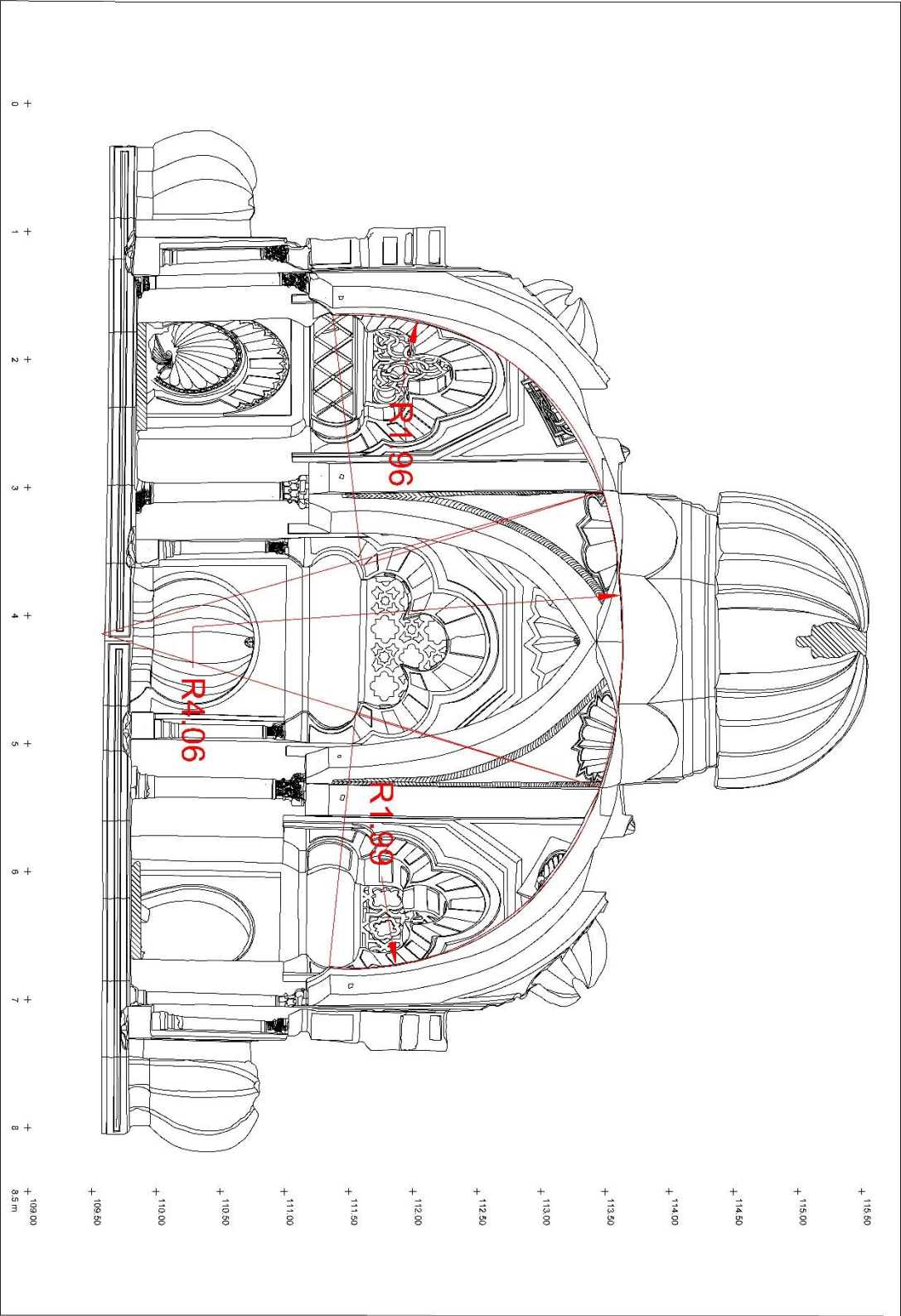


Figura 7.44. Bóveda oeste. UC44, arco EC07.

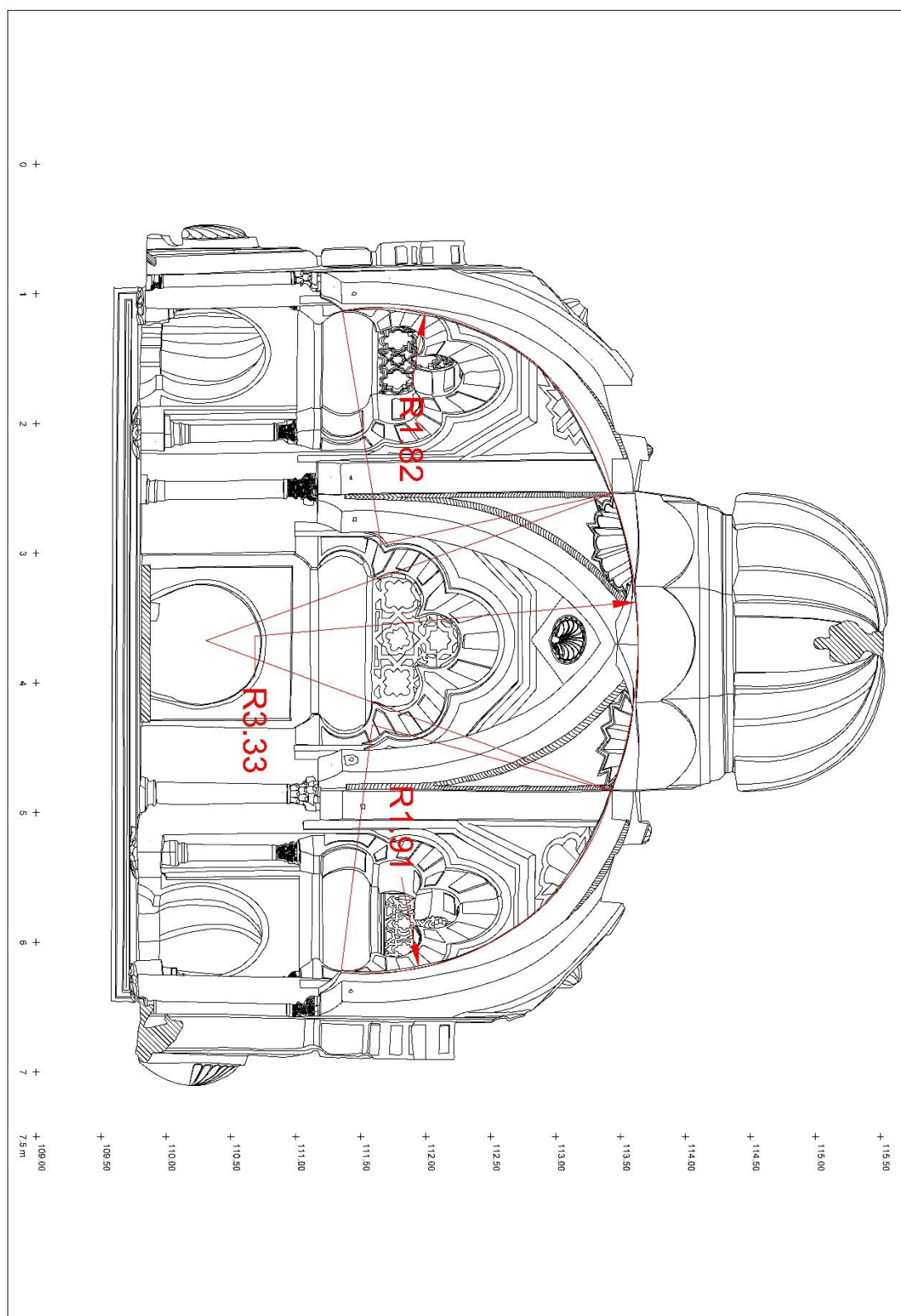


Figura 7.45. Bóveda oeste. UC17, arco EC03.

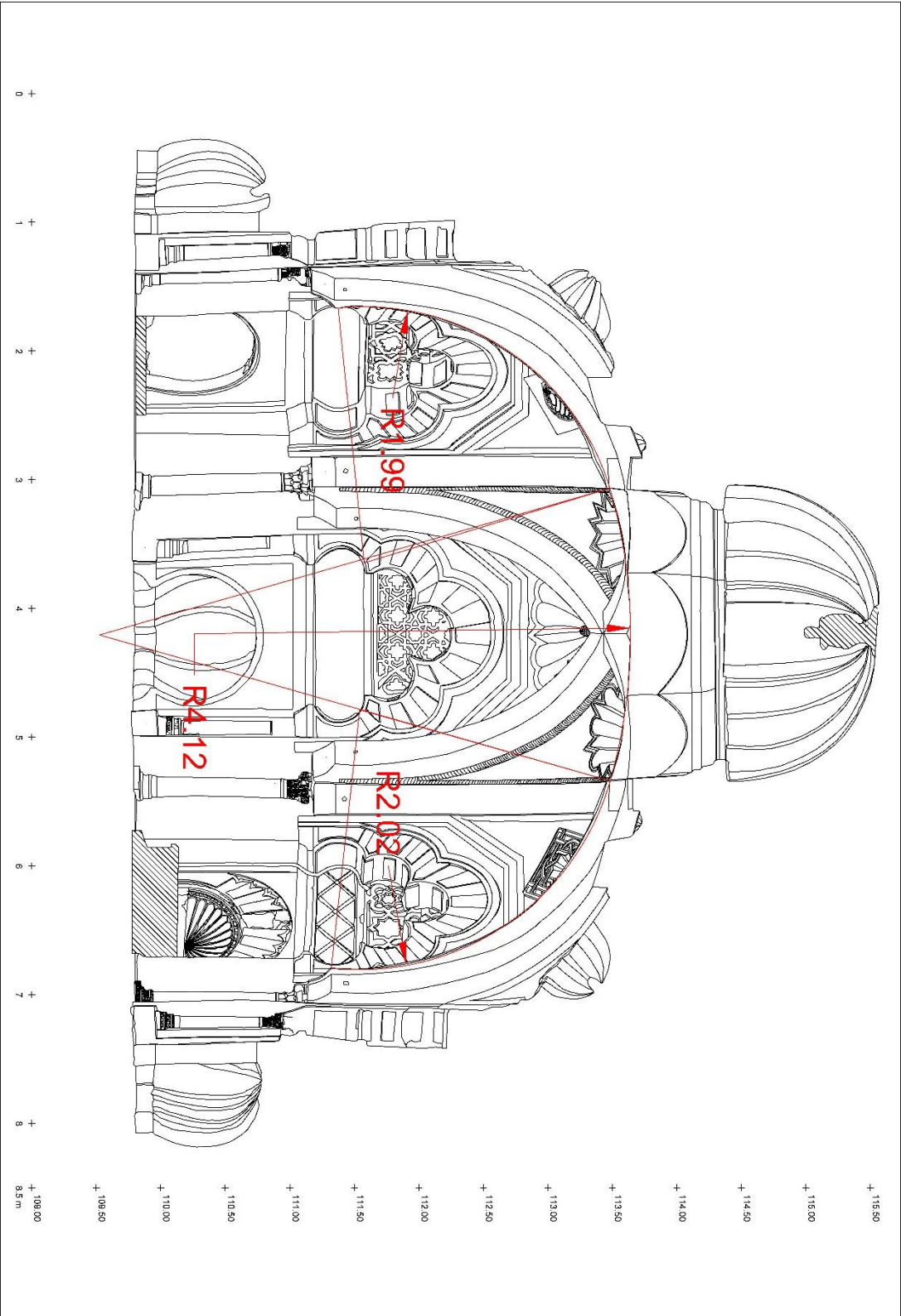


Figura 7.46. Bóveda oeste. UC43, arco EC05.

Tras el levantamiento fotogramétrico de las bóvedas y el dibujo planimétrico de sus alzados se ha realizado un estudio de los arcos. La Tabla 7.5 recoge las mediciones realizadas en los arcos. Para una fácil comprensión se ha incluido la UC y el arco correspondiente a cada medición y que puede ser comprobada en la secuencia de Figuras 7.39 a 7.46 Asimismo, se ha incluido la cota (Z1, Z2 y Z3) de los centros de cada uno de los arcos. Por último, se ha comparado el radio medido con el número de codos ma'muni que le corresponderían.

La media de los arcos externos es la misma, 1,96/1,97 metros, correspondiendo con 4,16 codos. El arco central tiene un radio de 3,64 metros de media. Aunque estas son las medias, el radio mínimo del arco central R2 es de 3,17 m, mientras que el radio mayor medido es de 4,29 metros. De igual forma las cotas (Z1, Z2, Z3) de los centros de los arcos exteriores (Z1 y Z3) se mantienen a 111,57/111,53 en casi todos los arcos. Por otro lado, el arco central (Z2) fluctúa entre 110,47 y 109,33, más de un metro de diferencia.

<i>MEDICIONES ARCOS BÓVEDA OESTE</i>										
<i>UC</i>	<i>ARCO</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>		
10	EC01	1.94	3.38	2.03	111.56	110.26	111.51	4.11	7.17	4.30
46	EC08	1.95	3.57	2.07	111.59	110.07	111.29	4.14	7.57	4.39
18	EC04	1.99	3.19	1.83	111.54	110.45	111.62	4.22	6.77	3.88
45	EC06	2.02	4.29	1.92	111.54	109.33	111.61	4.29	9.10	4.07
11	EC02	2.01	3.17	1.97	111.51	110.47	111.55	4.26	6.72	4.18
44	EC07	1.96	4.06	1.99	111.60	109.57	111.55	4.16	8.61	4.22
17	EC03	1.82	3.33	1.91	111.65	110.31	111.58	3.86	7.06	4.05
43	EC05	1.99	4.12	2.02	111.57	109.52	111.54	4.22	8.74	4.29
<i>Media</i>		<i>1.96</i>	<i>3.64</i>	<i>1.97</i>	<i>111.57</i>	<i>110.00</i>	<i>111.53</i>	<i>4.16</i>	<i>7.67</i>	<i>4.17</i>
<i>Todas las dimensiones están en metros.</i>										

Tabla 7.5. Mediciones de los arcos de la bóveda oeste

Para comparar los arcos enfrentados se han ordenado de nuevo e invertido R1 y R3 en el segundo arco enfrentado, esto es en (EC02, EC04, EC06 y EC08), los datos reordenados se muestran en la Tabla 7.6. Una vez con los datos reordenados es fácil observar cómo tanto los radios de los arcos, como las cotas de arranque de los mismos son muy parecidas o iguales entre arcos enfrentados. Esto podría darnos una pista acerca del método de construcción seguido, o incluso la posibilidad del reaprovechamiento de cimbras durante la obra.

MEDICIONES ARCOS BÓVEDA OESTE							
<i>UC</i>	<i>ARCO</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>
10	EC01	1.94	3.38	2.03	111.56	110.26	111.51
11	EC02	1.97	3.17	2.01	111.55	110.47	111.51
17	EC03	1.82	3.33	1.91	111.65	110.31	111.58
18	EC04	1.83	3.19	1.99	111.62	110.45	111.54
43	EC05	1.99	4.12	2.02	111.57	109.52	111.54
45	EC06	1.92	4.29	2.02	111.61	109.33	111.54
44	EC07	1.96	4.06	1.99	111.60	109.57	111.55
46	EC08	2.07	3.57	1.95	111.29	110.07	111.59

Tabla 7.6. Mediciones de los arcos de la bóveda oeste reordenados.

Al igual que en la bóveda oeste, en las siguientes páginas han sido incluidos los alzados de la bóveda este. Han sido dibujados y acotados cada uno de los arcos y sus centros.

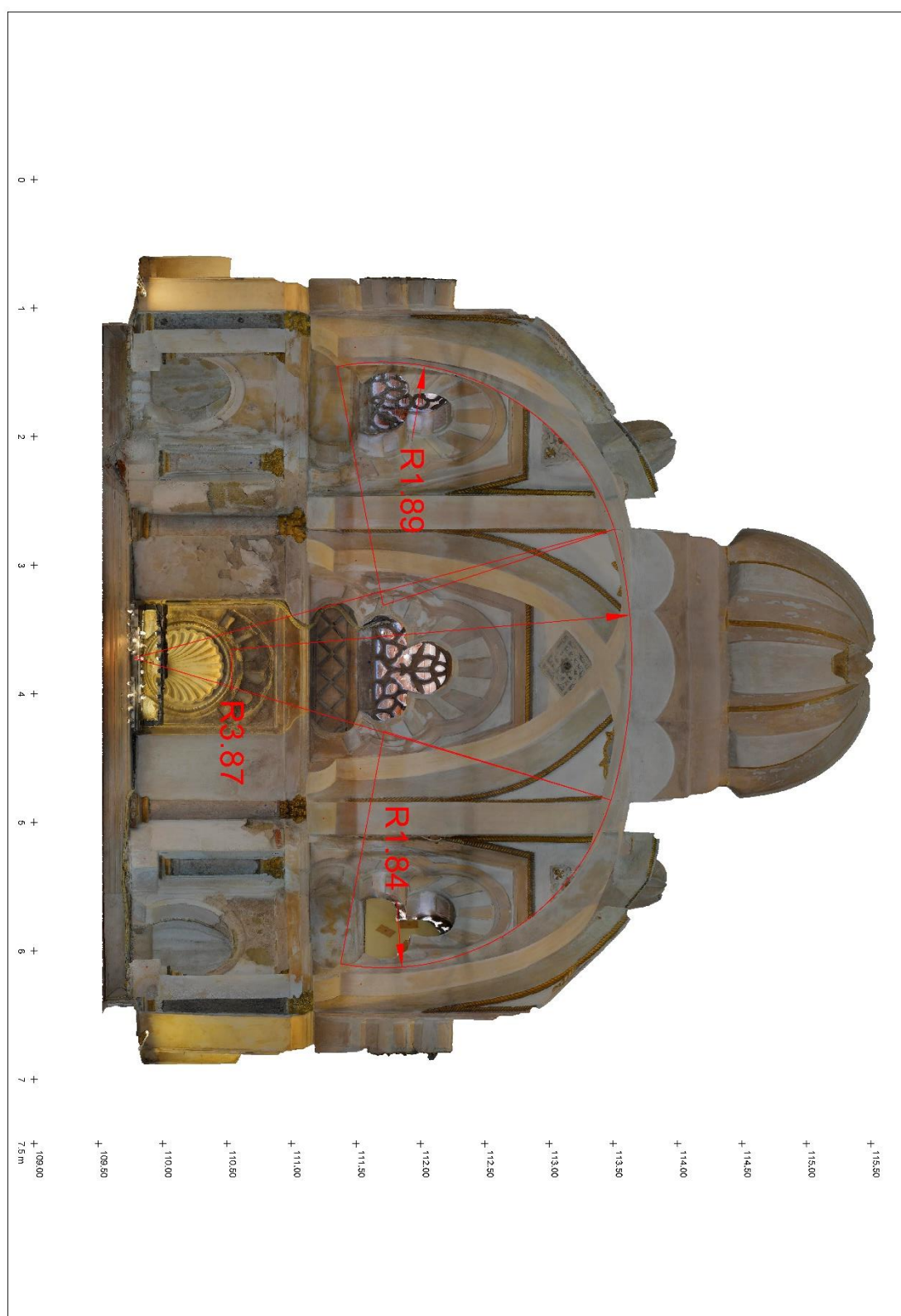


Figura 7.47. Bóveda este. UC10, arco EC01.

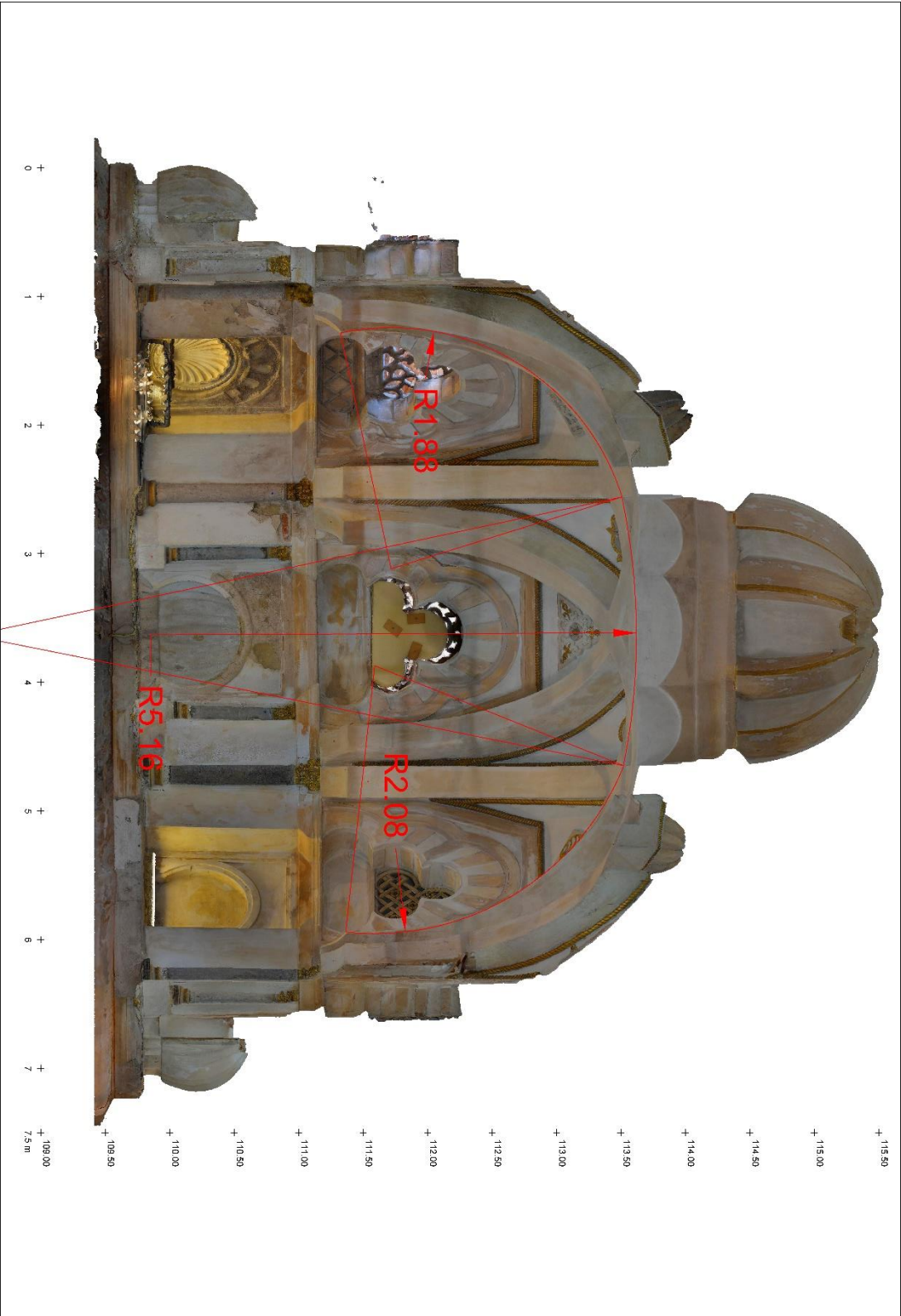


Figura 7.48. Bóveda este. UC54, arco EC08.

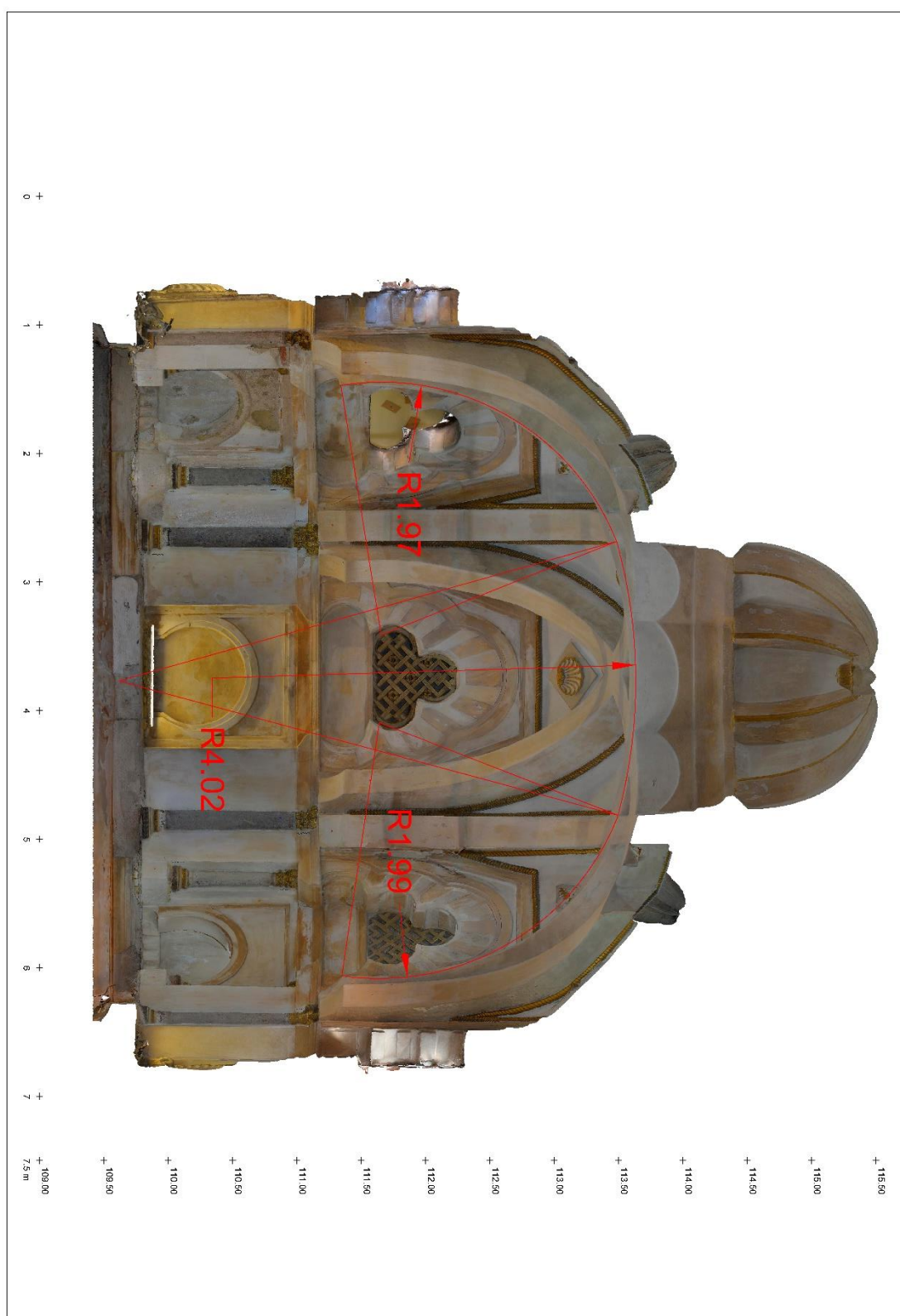


Figura 7.49. Bóveda este. UC20, arco EC04.

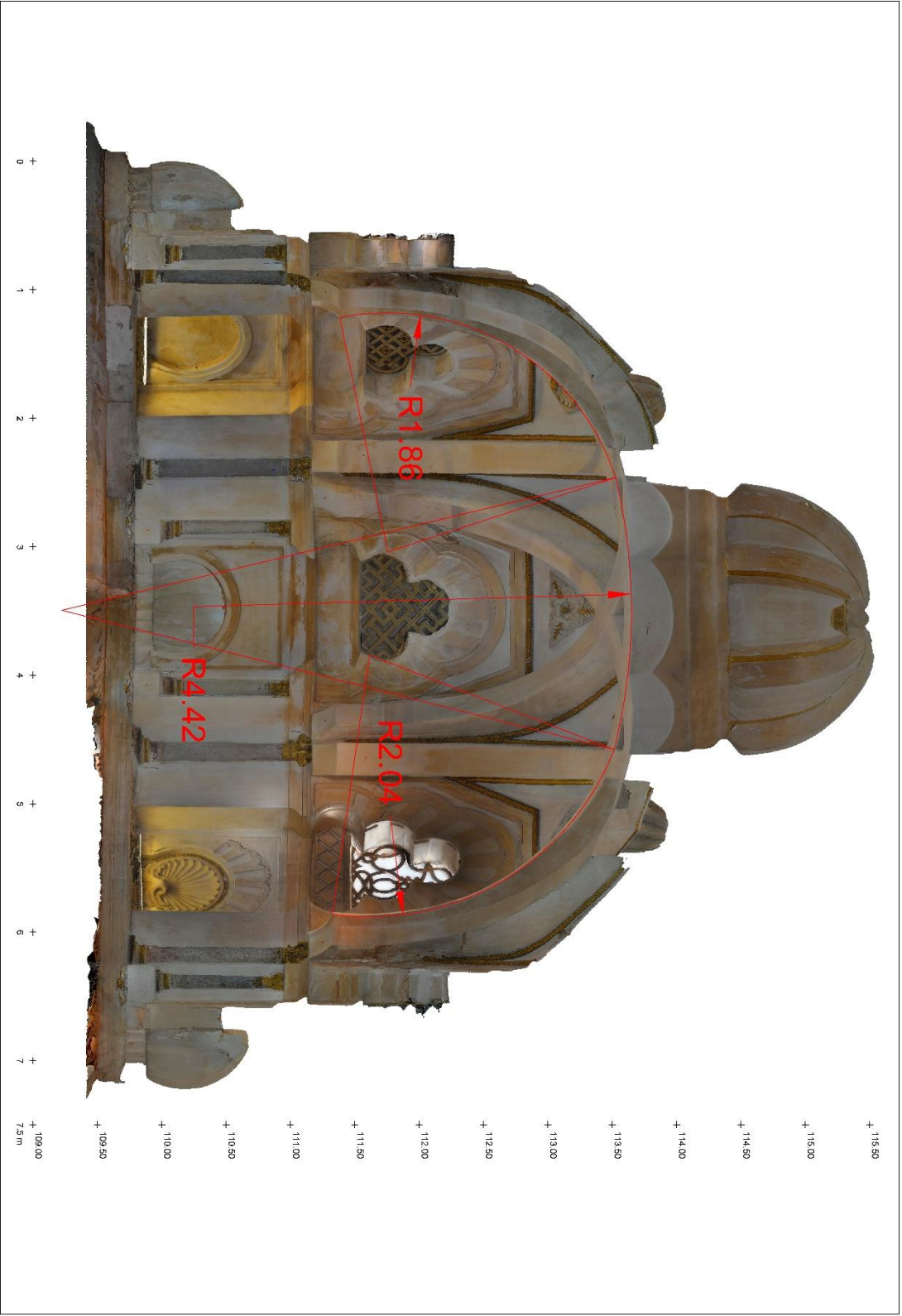


Figura 7.50. Bóveda este. UC53, arco EC06.

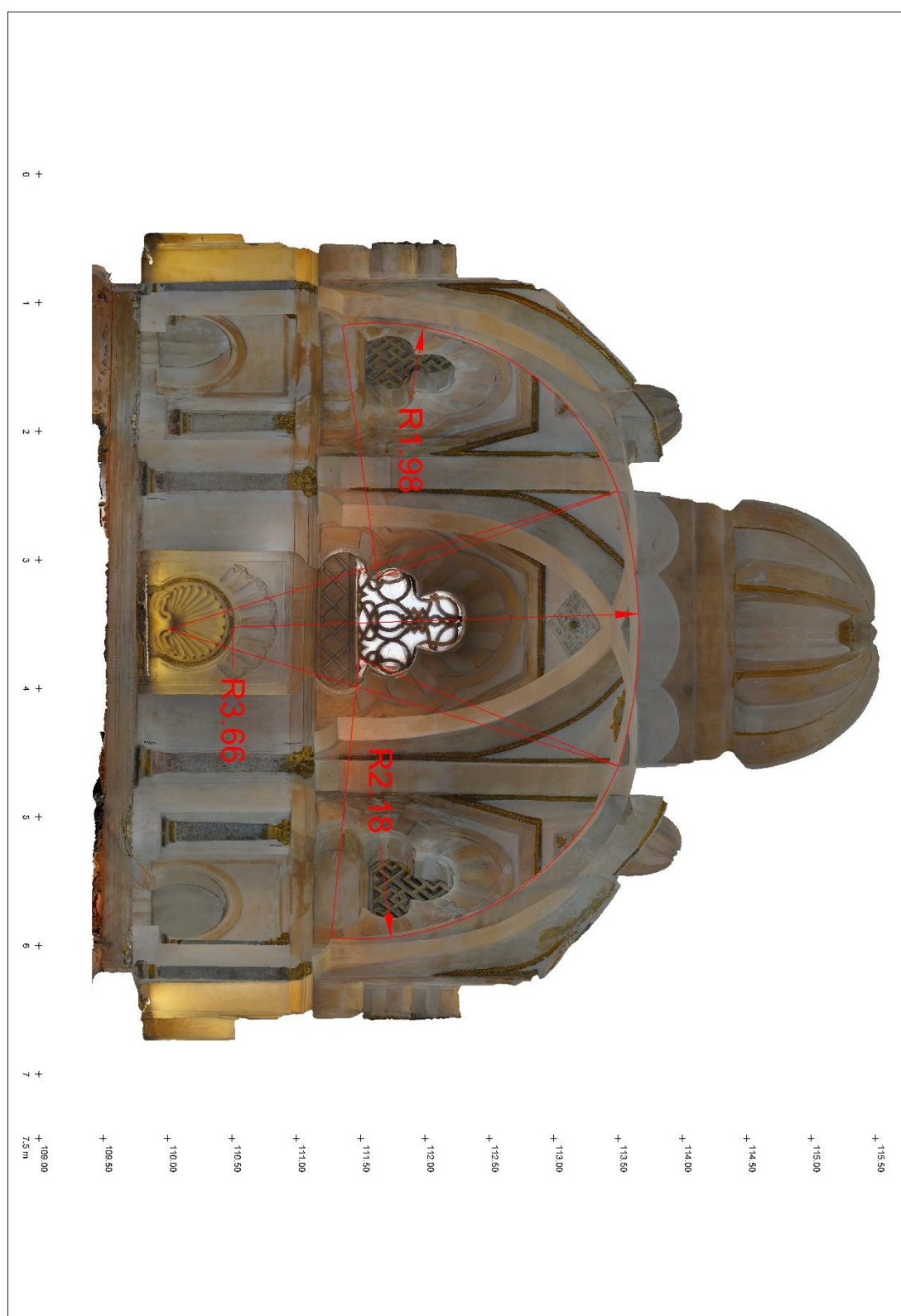


Figura 7.51. Bóveda este. UC11, arco EC02.

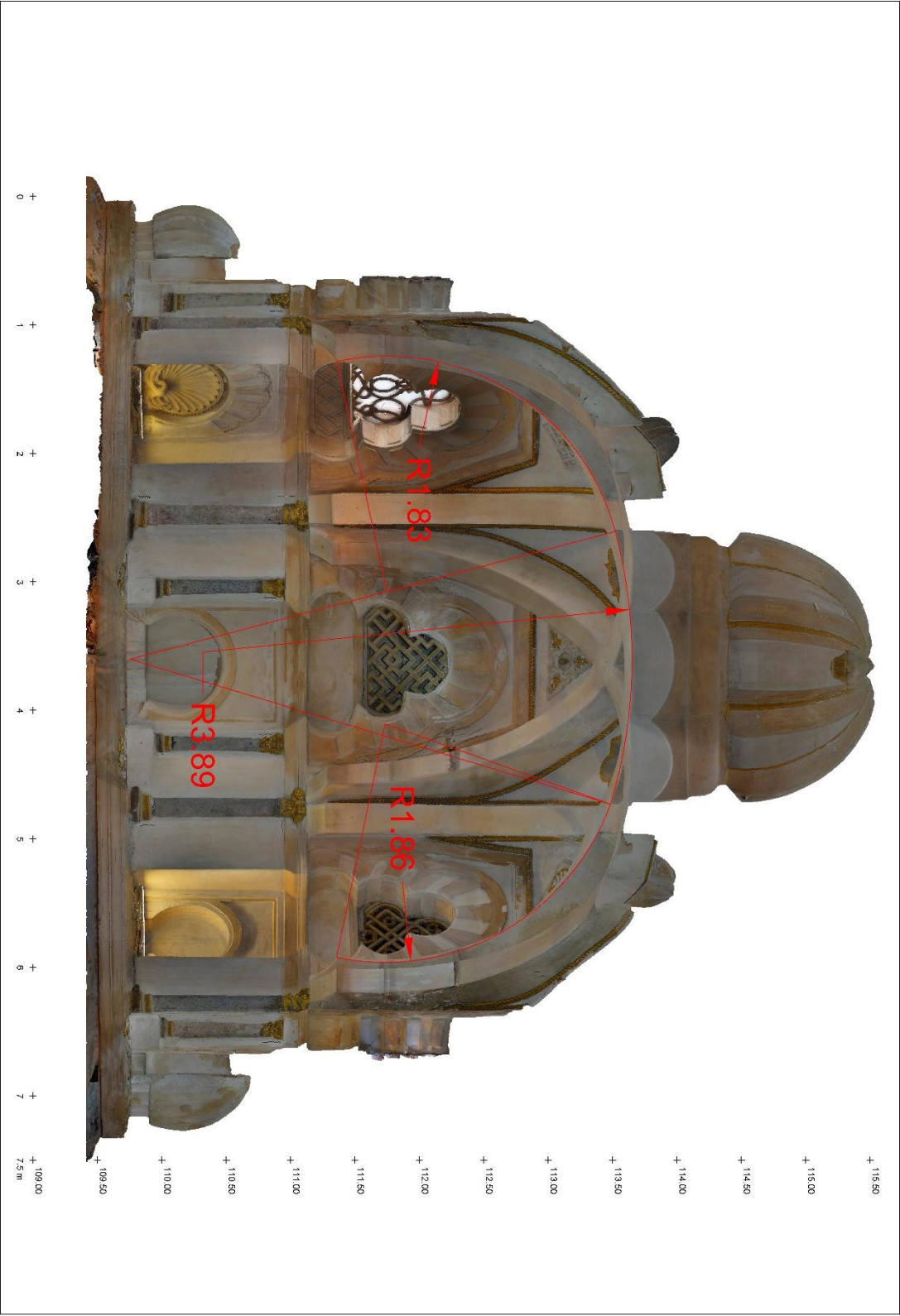


Figura 7.52. Bóveda este. UC52, arco EC07.

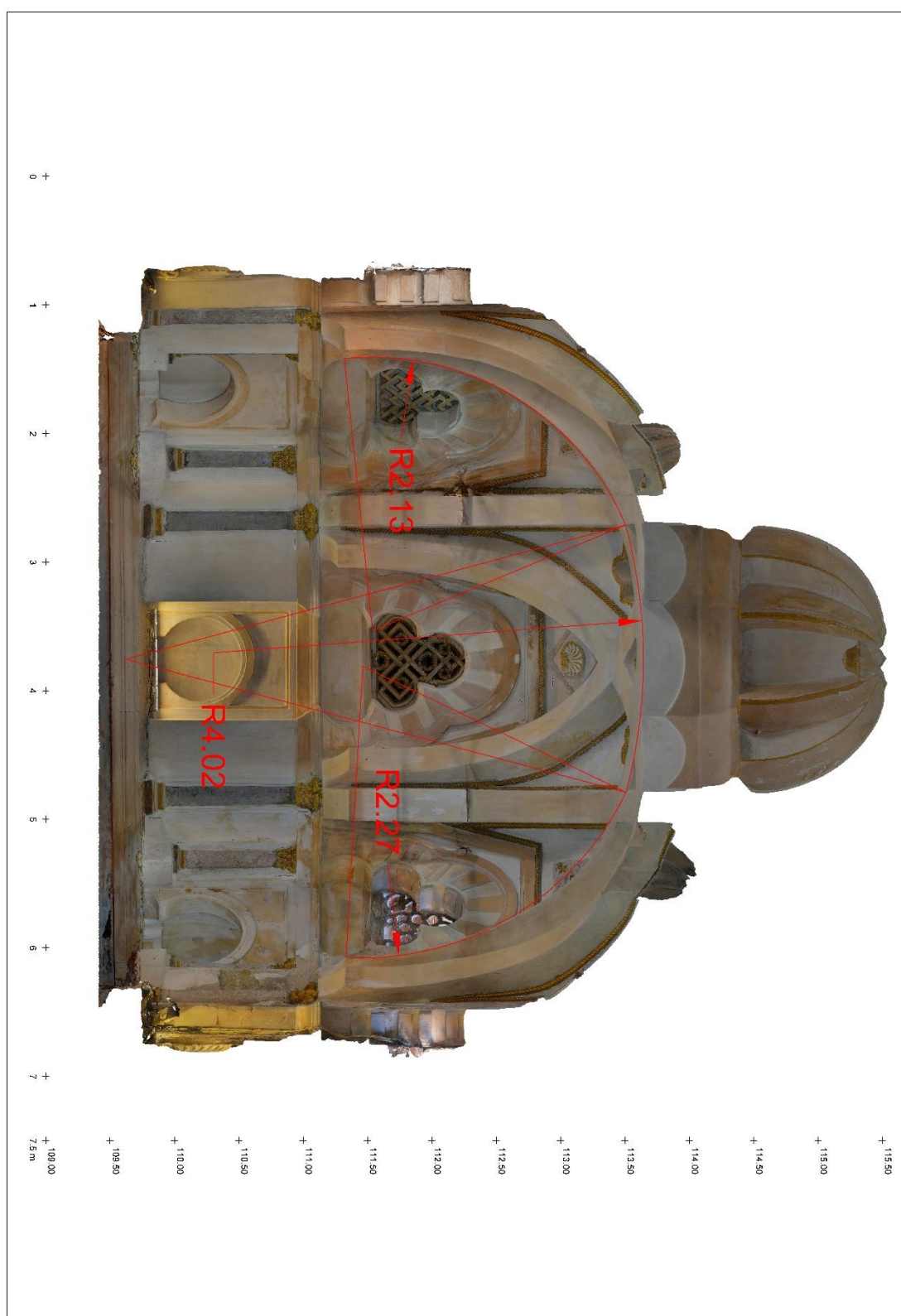


Figura 7.53. Bóveda este. UC19, arco EC03.



Figura 7.54. Bóveda este. UC51, arco EC05.

La Tabla 7.7 recoge las mediciones realizadas en los arcos. Al igual que para la bóveda oeste se ha incluido la UC y el arco correspondiente a cada medición y que puede ser comprobada en la secuencia de Figuras 7.47 a 7.54. Asimismo, se ha incluido la cota (Z1, Z2 y Z3) de los centros de cada uno de los arcos. Por último, se ha comparado el radio medido con el número de codos ma'muni que le corresponderían.

El arco central tiene un radio de 4,09 m de media, un radio mayor a los 3,64 metros de media de la bóveda oeste. Aunque estas son las medias, el radio mínimo del arco central R2 es de 3,66 m, mientras que el radio mayor medido es de 5,16 metros. De igual forma las cotas (Z1, Z2, Z3) de los centros de los arcos exteriores (Z1 y Z2) se mantienen a 111,65/111,60 en casi todos los arcos, una cota algo más alta que la bóveda occidental.

<i>MEDICIONES ARCOS BÓVEDA ESTE</i>										
<i>UC</i>	<i>ARCO</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Nº DE CODOS MA'MUNI</i>		
10	EC01	1,89	3,87	1,84	111,71	109,77	111,72	4,01	8,21	3,90
54	EC08	1,88	5,16	2,08	111,71	108,46	111,59	3,99	10,95	4,41
20	EC04	1,97	4,02	1,99	111,65	109,61	111,64	4,18	8,53	4,22
53	EC06	1,86	4,42	2,04	111,75	109,22	111,61	3,95	9,38	4,33
11	EC02	1,98	3,66	2,18	111,63	110	111,49	4,20	7,76	4,62
52	EC07	1,83	3,89	1,86	111,75	109,75	111,73	3,88	8,25	3,95
19	EC03	2,13	4,02	2,27	111,54	109,62	111,46	4,52	8,53	4,82
51	EC05	2,16	3,88	2,07	111,48	109,76	111,59	4,58	8,23	4,39
<i>Media</i>		<i>1,96</i>	<i>4,09</i>	<i>2,04</i>	<i>111,65</i>	<i>109,52</i>	<i>111,60</i>	<i>4,16</i>	<i>8,68</i>	<i>4,32</i>
<i>Todas las dimensiones están en metros.</i>										

Tabla 7.7. Mediciones de los arcos de la bóveda este.

Para comparar los arcos enfrentados se han ordenado de nuevo e invertido R1 y R3 en el segundo arco enfrentado, esto es en (EC02, EC04, EC06 y EC08), los datos reordenados se muestran en la Tabla 7.8. Una vez con los datos reordenados se pueden analizar diferencias con respecto a la bóveda oeste. En este caso tanto los radios de los arcos, como las cotas de sus centros son diferentes entre los arcos enfrentados, al contrario de lo visto en la cúpula occidental.

MEDICIONES ARCOS BÓVEDA OESTE							
UC	ARCO	R1	R2	R3	Z1	Z2	Z3
10	EC01	1,89	3,87	1,84	111,71	109,77	111,72
11	EC02	1,98	3,66	2,18	111,63	110	111,49
19	EC03	2,13	4,02	2,27	111,54	109,62	111,46
20	EC04	1,97	4,02	1,99	111,65	109,61	111,64
51	EC05	2,16	3,88	2,07	111,48	109,76	111,59
53	EC06	1,86	4,42	2,04	111,75	109,22	111,61
52	EC07	1,83	3,89	1,86	111,75	109,75	111,73
54	EC08	1,88	5,16	2,08	111,71	108,46	111,59

Tabla 7.8. Mediciones de los arcos de la bóveda este reordenadas.

MEDIAS	OESTE	ESTE	MÁX. W	MÁX. E	MÍN. W	MÍN. E
R1	1.96	1.96	2.02	2.16	1.82	1.83
R2	3.64	4.09	4.29	5.16	3.17	3.66
R3	1.97	2.04	2.07	2.27	1.83	1.84
Z1	111.57	111.65	111.65	111.75	111.51	111.48
Z2	110.00	109.52	110.47	110.00	109.33	108.46
Z3	111.53	111.60	111.62	111.73	111.29	111.46

Tabla 7.9. Medias, máximos y mínimos de los radios y cotas de los arcos de las cúpulas este y oeste.

En la Tabla 7.9 se muestran los resultados de medias, máximos y mínimos obtenidos en las mediciones de los arcos de las dos bóvedas. Cada uno de los ocho arcos está formado por arcos de tres centros, siendo el arco central el que mayor variación presenta tanto en radio, como en cota de su centro, entre ambas bóvedas. No presentando una gran variación los dos tramos laterales de cada arco.

3.7.2.4. Modelo CAD 3D de los arcos y sistema constructivo

Una vez analizados los arcos de las bóvedas y sus dimensiones pasaremos a estudiar el sistema constructivo, haciendo uso de software CAD y los modelos fotogramétricos de los sondeos realizados. A lo largo de este apartado se irá desglosando cada una de las zonas de la construcción de las bóvedas laterales, usando como ejemplo la bóveda oeste.

El software utilizado para el modelado tridimensional en CAD de la bóveda oeste será el software Solid Edge de la compañía Siemens (Siemens PLM Software, 2017), utilizado en el resto de reconstrucciones que se están llevando a cabo en la Mezquita-Catedral de Córdoba.

1) Muros exteriores

Para analizar el sistema constructivo de la bóveda comenzaremos estudiando los muros exteriores de cubiertas, ya que también forman parte del interior de la bóveda. Estos muros exteriores han sido documentados fotogramétricamente tras la retirada del forro de madera que las cubría. Una vez fotografiados los paramentos, el forro ha vuelto a ser colocado, Figura 7.55.



Figura 7.55. Forro de madera de los paramentos exteriores de la bóveda oeste.

Tal y como ya fue explicado en el capítulo 3.6, todas las fotografías de cubiertas han tenido que ser enmascaradas para eliminar los soportes de madera del forro, Figura 7.56. De esta forma, los modelos obtenidos no cuentan con dichos soportes. Han sido enmascaradas un total de 5508 fotografías para la obtención de los modelos, sin soportes de madera y sin la estructura de andamio, de las tres bóvedas de macsura.

Para el modelado CAD de los muros exteriores se ha eliminado el recrecio de ladrillo y sillarejo existente sobre las vigas de madera del muro, Figura 7.56. Además, se han marcado los arcos de cada una de las ventanas desde su arranque, Figura 7.58. Estos arcos funcionarían como descarga del peso de la cubierta hacia los contrafuertes de las esquinas y los muros principales de macsura.



Figura 7.56. Soportes del forro de madera de los paramentos exteriores de la bóveda este.

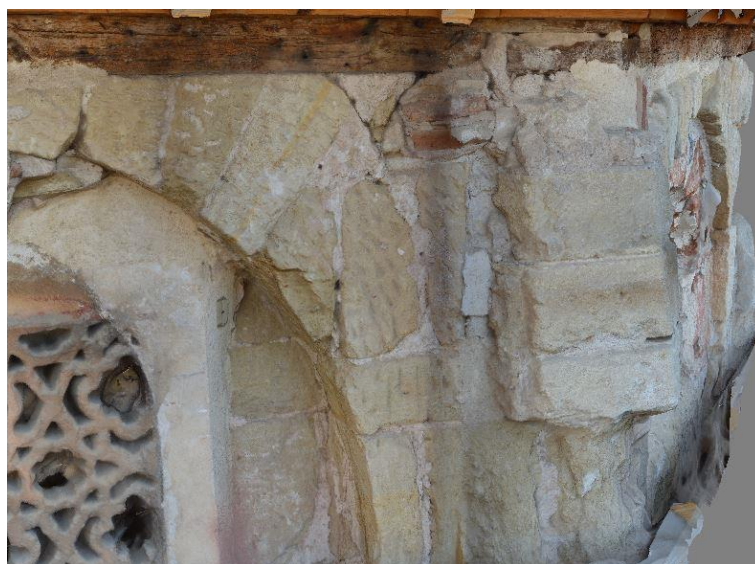


Figura 7.57. Modelo fotogramétrico de los paramentos exteriores. Se puede observar el contrafuerte, el arranque del arco y las vigas de madera en la parte superior del muro.

Los contrafuertes son de piedra, algunos de los sillares que forman parte de los mismos se encuentran retallados a partir del muro, como puede observarse en la Figura 7.57 en el sillar inferior izquierdo. Actualmente los contrafuertes se encuentran muy restaurados, incluso algunos rehechos completamente en ladrillo. En la Figura 7.57 se pueden observar las vigas de madera existentes encima de la fábrica de piedra y su unión en las esquinas. Asimismo, se puede ver el arco de piedra con el despiece de dovelas resaltado en el modelo CAD, Figura 7.58. Las dovelas centrales de estos arcos de descarga, al tener que soportar las vigas de madera a la altura a la que se encuentran, son de muy poco tamaño.

Para el dibujo de las ventanas en el modelo CAD se ha hecho uso de ingeniería inversa y la malla fotogramétrica generada. De esta forma, las ventanas se encuentran ubicadas y con la forma exacta del estado actual. Esto último si bien actualmente no tiene gran importancia, en estudios futuros puede ser de utilidad para el cálculo de cargas sobre la bóveda.



Figura 7.58. Modelo CAD de los paramentos exteriores de la bóveda oeste.

Por tanto, los muros exteriores se encuentran realizados mediante el uso de sillares, al igual que el resto de la ampliación. Cuentan con unas vigas de madera en su parte superior que serán estudiadas en su apartado correspondiente. Además, los muros exteriores cuentan con un arco de descarga sobre cada una de las ventanas que serviría para repartir las cargas de la cubierta hacia los contrafuertes y los muros principales de la construcción. Por último, los contrafuertes reciben las cargas tanto de la cubierta como principalmente de los arcos de la bóveda.

Una vez analizado el sistema constructivo de los muros exteriores, pasaremos al estudio de los arcos entrecruzados de la bóveda.

II) Sistema de arcos entrecruzados

La construcción de cualquier bóveda comienza con la labra de las dovelas, haciendo uso de la monte, dibujo a escala natural de la curvatura de las dovelas, Figura 7.59 (Palacios y Martín, 2009). Las dovelas de un arco se empujan de tal forma que estos empujes las mantienen en equilibrio, tal y como dice el proverbio árabe, “*El arco nunca duerme*” (Fernández Casado, 1933).

Según Baltrusaitis, el cruce entre los arcos se realiza con una dovela especial tallada, en la que encajan los cuatro arcos (Baltrusaitis, 1936). En la construcción en piedra de las bóvedas de arcos entrecruzados el encuentro entre arcos puede resolverse de dos formas, con o sin clave. Si se resuelve con clave, debe hacerse una pieza especial que acoja los cuatro arcos que llegan a la intersección. Si se lleva a cabo sin clave, se construirá un arco y sobre él se adosarán el resto.

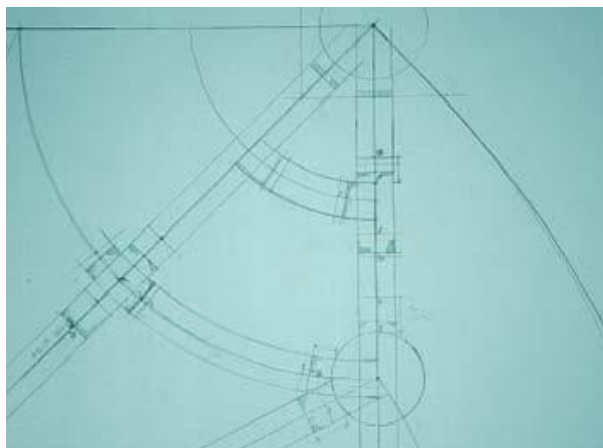


Figura 7.59. Ejemplo de monte utilizada para la talla de dovelas en bóvedas góticas (Palacios y Martín, 2009).

Para la intersección de arcos de piedra Fuentes González en su tesis aporta cinco posibilidades para resolver el encuentro (Fuentes González, 2013),

1. La intersección se labra en varias piezas.
2. Unos arcos se construyen primero, y los segundos muerden a estos, de esta forma puede saberse cuáles fueron construidas antes.
3. Unos nervios se construyen primero, y los siguiente se cortan al cruzarse.
4. Se labra la clave en una sola pieza con la geometría exacta.
5. Una clave tapa la intersección de los arcos.

Aunque Fuentes expone que las bóvedas españolas suelen construirse en un determinado orden, construyendo un arco completo y cruzándose el resto. Defiende que el método 1 sería el utilizado en las bóvedas laterales de macsura (Fuentes González, 2013). Los estudios recientes rechazan esta hipótesis, siendo los métodos 2 y 3 los utilizados en las bóvedas cordobesas.

El sistema utilizado en la construcción de las bóvedas laterales de macsura fue el posteriormente utilizado para la construcción de la cúpula de la iglesia del Santo Sepulcro, Torres del Río, Navarra. Construida en el siglo XII en el camino de Santiago, esta iglesia según Sutter tiene un sistema de construcción muy parecido al utilizado en Córdoba (Sutter, 1997). La única diferencia es la elección del orden de construcción de los arcos.

Mientras que el orden seguido en la iglesia del Santo Sepulcro es el de la Figura 7.60, el seguido en las bóvedas laterales de macsura sería, 1,3,2,4 siguiendo el mismo ejemplo. En armenia, la construcción es totalmente diferente. El interior de las bóvedas es de hormigón y son recubiertas de piedra. Además, la intersección entre arcos se realiza con una única piedra que actúa de clave de los 4 arcos.

Fuentes y Huerta han publicado que el diseño de las bóvedas laterales de macsura cumple con la regla geométrica de la Figura 7.61, las mediciones llevadas a cabo durante el proceso de investigación arrojan la proporción de " $a\sqrt{2}$ " tal y como exponen (Fuentes y Huerta, 2010), verificándose ésta proporción.

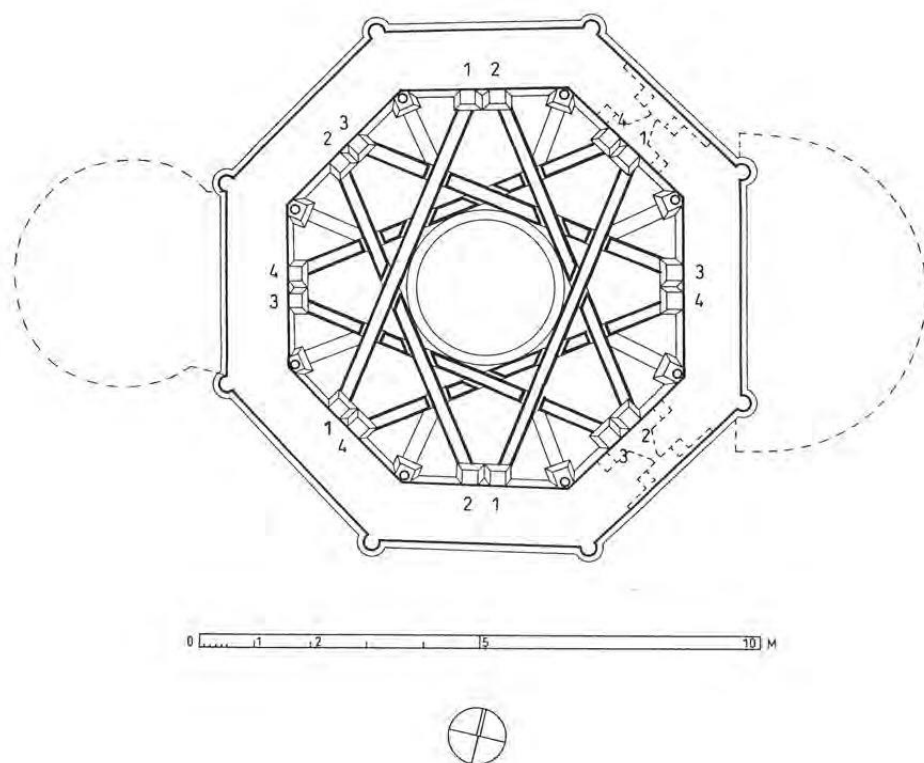


Figura 7.60. Planta de la cúpula de la Iglesia del Santo Sepulcro, Torres del Río, Navarra, (Sutter, 1997).

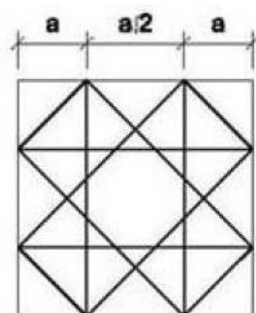


Figura 7.61. Proporción del trazado de las cúpulas laterales de Macsura (Fuentes y Huerta, 2010).

Las primeras hiladas de los arranques de los arcos según ha podido estudiarse con los sondeos paramentales llevados a cabo son horizontales, Figura 7.62. La razón para hacerlo de esta forma es facilitar la construcción del arco y disminuir la cimbra o la carga sobre la misma. De esta forma, la construcción de los arcos facilitará el calzado de la cimbra contra ellos (Ávila Jalvo, 2014). Este sistema es el mismo seguido en las bóvedas de crucería, donde los enjarjes (arranques de la bóveda) pueden llegar a alcanzar una altura cercana a la mitad total de la bóveda. Estas jarjas son vitales para la estabilidad estructural de estas bóvedas, ya que además de unificar los nervios en una única piedra y atarlos a los muros, consigue que los arcos no comiencen a funcionar como tales hasta un punto elevado (Palacios y Martín, 2009). De esta forma, los arcos de macsura no comienzan a funcionar como tales hasta el punto de arranque, Figura 7.62.

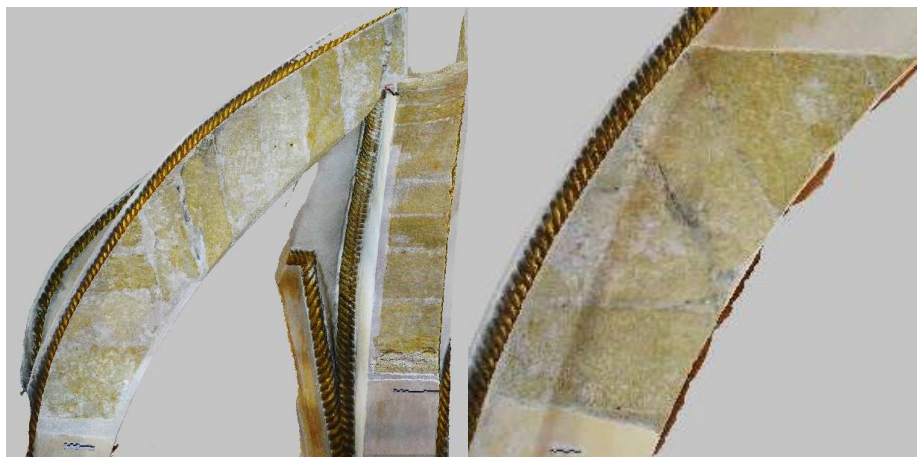


Figura 7.62. Modelo fotogramétrico de las dovelas de los arcos de la bóveda este.

Los arcos, debido a la imposibilidad actual de acceder a su extradós, no han podido ser estudiados completamente para verificar si atraviesan o no la plementería, y de ser así, de qué forma se unen plementería y arcos. En las siguientes fases del proyecto se procederá a analizar estos extradoses permitiendo un mejor conocimiento de estos arcos.

Para conocer el orden constructivo de los arcos se realizaron distintas catas en los puntos de unión de los arcos. Al menos en aquellos arcos que debido a la pérdida de la pintura y decoración original, permitieron llevar a cabo las mismas. En la Figura 7.63 y Figura 7.64 se muestran un par de ejemplos de las catas realizadas en las bóvedas. Estas catas nos han permitido establecer el orden constructivo de los arcos de macsura. Para una mejor explicación del sistema, se ha realizado el modelo CAD de cada uno de los arcos con las dovelas especiales con las que cuentan.

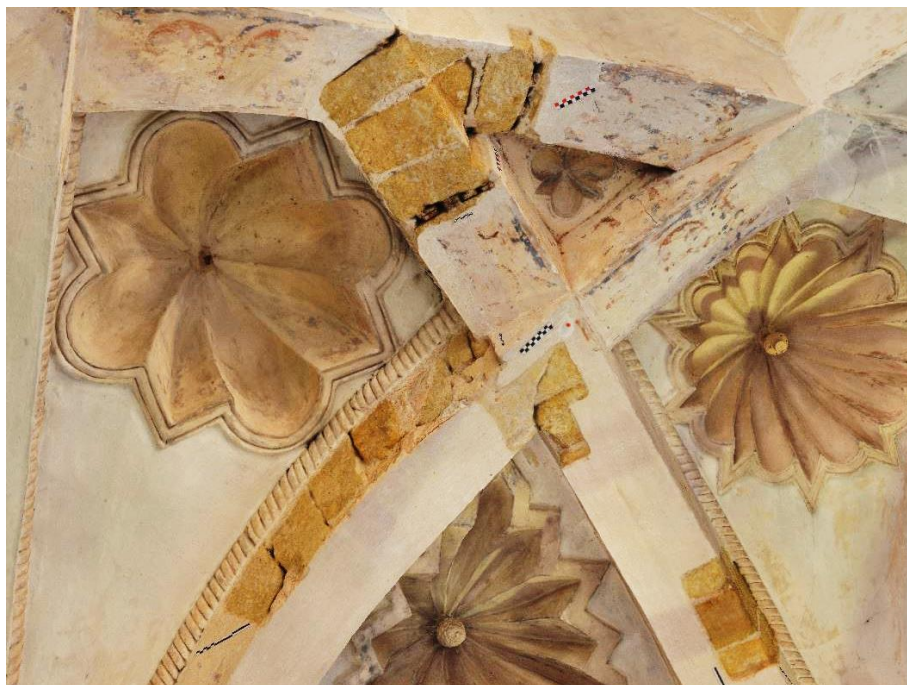


Figura 7.63. Sondeos realizados en los arcos de la cúpula oeste. Se ha evitado en todo momento la decoración original.



Figura 7.64. Sondeos realizados en los arcos de la cúpula este.

El sistema constructivo de los arcos de macsura es el mismo en ambas bóvedas según ha podido estudiarse a partir de las catas realizadas. La Figura 7.63 muestran los sondeos realizados en los arcos EC02 y EC03 de la cúpula Oeste. En la Figura 7.64 se muestra el sondeo de los arcos EC05 y EC07 de la cúpula Este. Ha sido en esta última bóveda en la que mayor número de sondeos han podido llevarse a cabo, debido a que se encuentra muy restaurada y ha perdido la mayor parte de su enlucido y pintura original.

III) Orden constructivo de los arcos entrecruzados de Macsura

Siguiendo la denominación utilizada en la Figura 7.15 y Figura 7.16 para las bóvedas este y oeste, el sistema constructivo de los arcos sería el siguiente. En primer lugar, se construyeron los arcos EC01 y EC02 como un único arco de tres centros con dovelas preparadas para recibir el resto de arcos, Figura 7.65. Una vez contruidos, se procedió a construir los arcos EC03 y EC04, arcos de 3 centros partidos en tres partes. Como puede analizarse en la Figura 7.66, los extremos de los arcos EC03 y EC04 se adosan a los arcos EC01 y EC02 mediante una dovela rebajada, apoyando solo en parte del arco, Figura 7.67. Sin embargo, el arco central de EC03 y EC04 se acopla a las dovelas preparadas de EC01 y EC02 por su interior.



Figura 7.65. Construcción de los arcos EC01 y EC02 con las dovelas preparadas para recibir el resto de arcos. A la izquierda se muestra una perspectiva isométrica y a la derecha la planta.

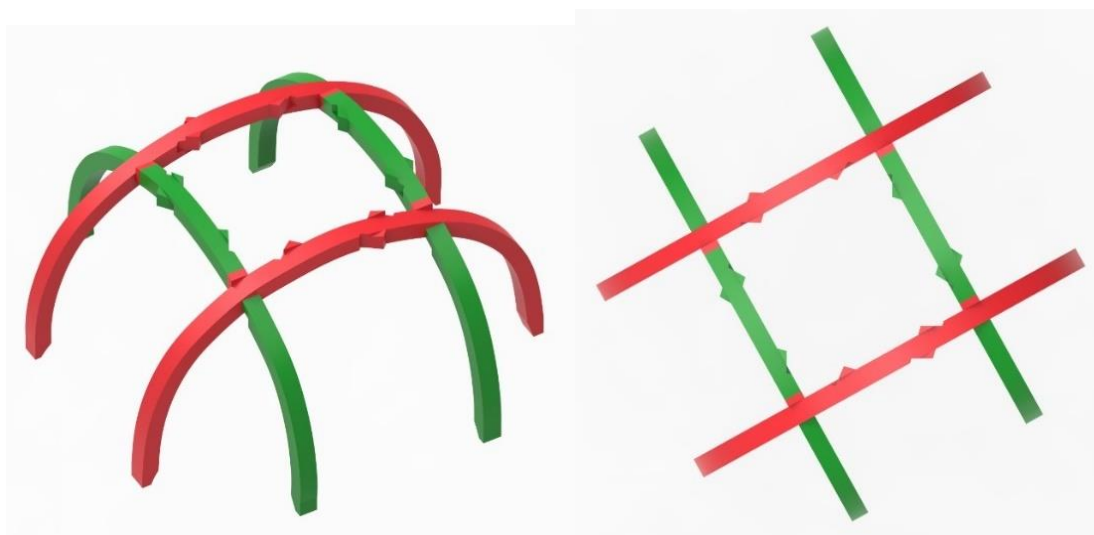


Figura 7.66. Construcción de los arcos EC03 y EC04.



Figura 7.67. Detalle de la unión del arco EC03 con el arco EC02.

Una vez construidos los cuatro arcos principales se añadieron EC07 y EC08, Figura 7.68, los cuales se adosan de forma particular. La zona central de los arcos encaja en las dovelas preparadas en los arcos EC01 a EC04, adosándose al arco mediante un encastre en los arcos principales. Por último, fueron construidos los arcos EC05 y EC06, Figura 7.69, estando estos arcos divididos en cinco partes, aunque fueron diseñados como arcos de tres centros como ya se ha analizado.

Una vez analizado el orden constructivo a partir de las catas realizadas, se puede desechar por completo el sistema constructivo propuesto por Fuentes González (Fuentes González, 2013). Que si bien pudo haber sido, la propuesta era cuanto menos arriesgada al no conocer el despiece interior de los arcos. De igual forma, Fuentes propone un orden constructivo para la bóveda central de macsura, la cual no ha sido estudiada por el equipo técnico encargado de los estudios previos, dada la imposibilidad de la realización de catas debido a la decoración de mosaico que lo recubre.

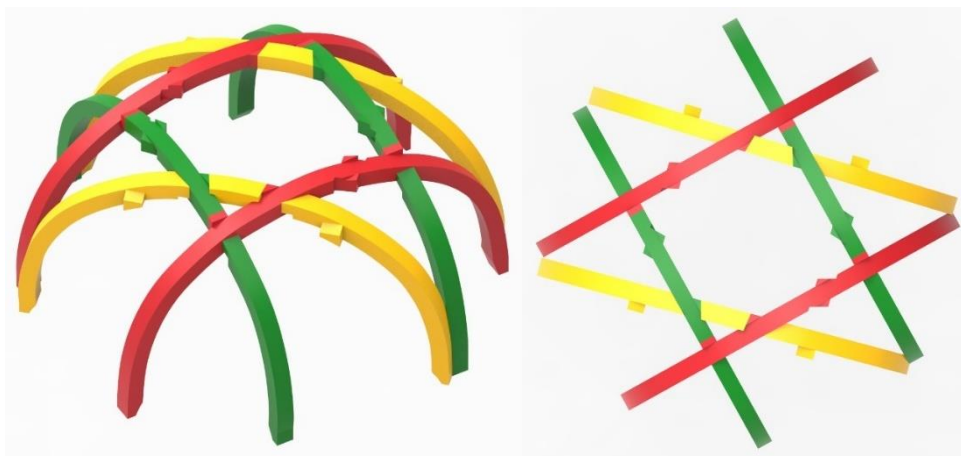


Figura 7.68. En amarillo los arcos EC07 y EC08.

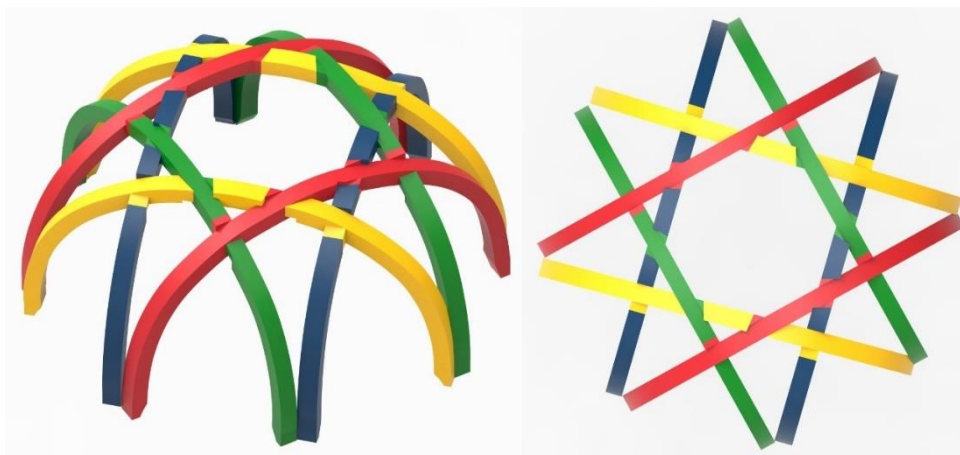


Figura 7.69. En azul se añaden los últimos arcos EC05 y EC06.

Las bóvedas laterales de macsura no han podido ser estudiadas por su extradós hasta el momento, debido principalmente a que para ello tendría que ser desmontada su cubierta actual. Por tanto, debido a la imposibilidad de estudiar sus arcos y plementos por el extradós de la bóveda, se ha supuesto por el momento un espesor de los arcos doble de su anchura. Si el arco tiene una anchura de medio codo ma'muni, el largo de la dovela será de un codo ma'muni (47,14 cm), Figura 7.70.

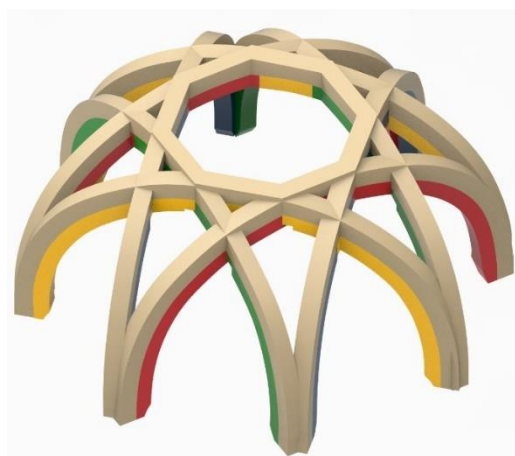


Figura 7.70. Arcos de la bóveda con el largo de las dovelas supuesto en color crema.

La unión de los arcos en el interior de la bóveda queda de forma inacabada tras la construcción en piedra. En la Figura 7.71 se muestra la unión de los distintos arcos y como las dovelas no están talladas con la unión o decoración de las intersecciones. Estas intersecciones se realizan mediante mortero de cal y arena, rellenando los huecos dejados por las dovelas y tallando los resaltes existentes de la cúpula Oeste. La cúpula Este nunca tuvo los resaltes, por tanto, no fueron eliminados durante las restauraciones de la bóveda. El relleno de mortero de cal y arena puede observarse en la Figura 7.71 a la derecha, en color blanco. De esta forma, el sistema constructivo fue sencillo, al evitar dovelas especiales o intersecciones complicadas. Construyeron arcos simples y la intersección de los mismos fue tapada mediante mortero y decoración pintada.

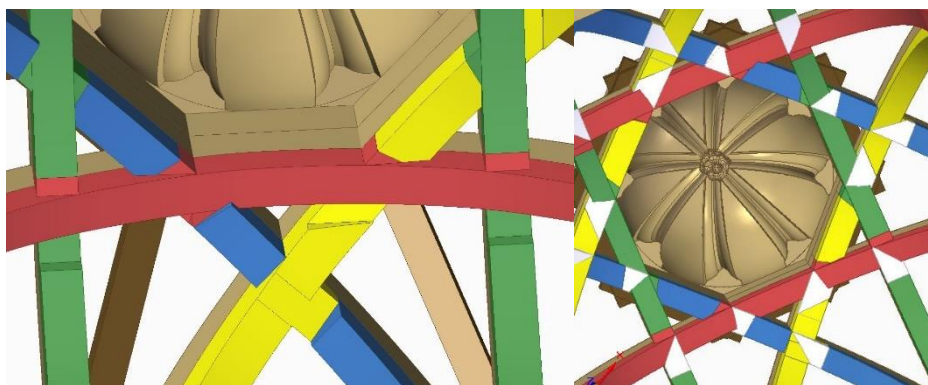


Figura 7.71. Intersección de los distintos arcos de las bóvedas y recubrimiento de las intersecciones con mortero de cal y arena.

Haciendo uso del modelo CAD generado, y del modelo fotogramétrico obtenido durante la intervención, se han dibujado los hierros que se encuentran insertados en el arranque de los arcos, Figura 7.72. Estos macizos de hierro se encuentran en el arranque de los arcos de la bóveda oeste y de la bóveda central. La bóveda este, después de haber realizado varias catas, se ha comprobado que nunca tuvo este tipo de hierros insertados. Hasta el momento se ha pensado que los hierros pudieron servir para la estructura o cimbra de los arcos durante su construcción, aunque tras el análisis también ha sido descartado.



Figura 7.72. Hierros rectangulares insertados en el arranque de los arcos por el interior y exterior de las bóvedas.

Los hierros, tal y como se ha podido comprobar en el análisis exterior de los paramentos de la cúpula oeste, atraviesan los arcos y los contrafuertes exteriores. No sabiendo hasta el momento si fueron introducidos desde el exterior hacia el interior o al revés. Para una mejor comprensión y análisis de estos hierros, se han dibujado en CAD para comprobar si se intersecan entre sí, debido a que cada hierro tiene una cota diferente, Figura 7.73. Tal y como se ha comprobado, los hierros se intersecan unos con otros en todos los cruces. Además, al sobresalir por ambos muros exteriores, la inserción de estos hierros debió de producirse por el exterior, o bien, los hierros no son enterizos, sino que eran individuales para cada arranque de arco.

Otra prueba que avala esta hipótesis es que los hierros no se encuentran alineados unos con otros. Es decir, el hierro no empieza y termina, en el mismo arco, a la misma cota ni con el mismo giro o sección. Esto implicaría que los hierros son individuales y que no forman una estructura entre arcos. Otra posibilidad es que formen una estructura como la existente en la mezquita mayor de Túnez (Torres Balbás, 1936), Figura 7.74. Por último, la ubicación de

estos hierros, a través de la piedra, y no en las juntas, evidencia que fueron insertados o posteriormente a la obra original, o una vez terminados los arcos durante la obra original.



Figura 7.73. Hierros rectangulares dibujados en el modelo CAD de la cúpula para verificar sus intersecciones.



Figura 7.74. Cúpula y estructura de la mezquita mayor de Túnez (Torres Balbás, 1936)

IV) Cimbras de los arcos

Para la construcción de los arcos de las bóvedas fue necesario el uso de cimbras de madera. Las cimbras son elementos que sirven para definir la forma de la bóveda y soportar las dovelas de la misma mientras se construye (Almagro, 2001). Si bien es cierto que en otras zonas del mundo con escasez de madera se han desarrollado técnicas constructivas que obvian el uso de madera, no es el caso de Córdoba. Las cimbras se encargan no sólo de definir las bóvedas, sino también de resistir las cargas durante el proceso de construcción. Además, deben ser fáciles de transportar, permitir si es posible su reutilización y ser fáciles de retirar durante el proceso de descimbrado.

Debemos tener en cuenta así mismo que la mayor parte de la estructura continuará en su posición durante el resto del proceso de construcción, retirando únicamente las cimbras. El resto de la estructura servirá para los trabajos llevados a cabo por escultores, pintores, mosaiquistas, etc.

Taylor en su obra dedicada a los constructores romanos propone la colocación de vigas horizontales a distintas alturas, de forma que funcionen a tracción cuando las dovelas no están colocadas, y a compresión una vez sometida la cimbra a carga, permitiendo un fácil descimbrado, Figura 7.75 (Taylor, 2006).

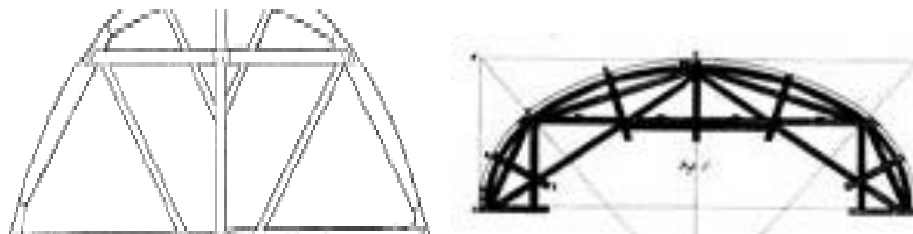


Figura 7.75. Distintos tipos de cimbras según Taylor y Rondelet, (Rondelet, 1810; Taylor, 2006).

Las bóvedas nervadas de arcos entrecruzados como expone Almagro, son un sistema que reduce el uso de cimbras y medios auxiliares, al dividir la bóveda en pequeñas áreas más fáciles de construir, teniendo que usar cimbra únicamente en los arcos que la conforman (Almagro, 2001). En el caso aquí analizado y como ha podido comprobarse con el orden constructivo de la bóveda, tan sólo se necesitarían dos cimbras completas, las correspondientes a los arcos EC01 y EC02. Siendo necesarias para el resto de arcos unas cimbras de menor tamaño. Una vez construidos los arcos, la plementería se apoyará sobre estos, funcionando los arcos como cimbras de la plementería.

V) Plementos

Aunque según los estudios del arqueólogo Pedro Marfil los plementos son de mampostería (Marfil, 1998), las catas arqueológicas llevadas a cabo han demostrado que los plementos están realizados en piedra, al igual que los arcos.

Según Torres Balbás, los plementos se apoyaban sobre el trasdós de los arcos ojivos y en el muro o los formeros, los cuales servían de cimbras. Plantea como segunda opción que los plementos penetrasen en los arcos ojivos o nervios, de forma que hubiese un cosido de toda la estructura. Una vez construida y fraguados los morteros se procedería al descimbrado de la cúpula, el momento crítico de la obra. De esta forma, los nervios facilitan la construcción de la bóveda y sirven de cimbras para la construcción de los plementos (Torres Balbás, 1945). Esto en palabras de Palacios es “...una ventaja más del ingenioso sistema de abovedar gótico.” (Palacios y Martín, 2009). Aunque no ha podido ser estudiado el extradós de los plementos, los datos recopilados hasta la fecha parecen indicar un sistema constructivo muy parecido al del gótico.

En la construcción gótica los plementos de las bóvedas están compuestos por ladrillo, sillarejo y mortero, no siendo importante el acabado de los mismos ya que quedarán ocultos por los arcos o nervios (Rabasa Díaz, 2008). El arquitecto Joseph Gelabert describe lo que Rabasa denomina una “peculiar” plementería (Gelabert, 1653; Rabasa Díaz, 2008).

“Las líneas de junta aparente son rectas: las piezas —una sola laja de nervio a nervio, o partida en dos o tres trozos— presentan el intradós ligeramente curvado, pero no en el sentido de la longitud de la pieza, sino en el del nervio, como si fueran dovelas”. (Rabasa Díaz, 2008).

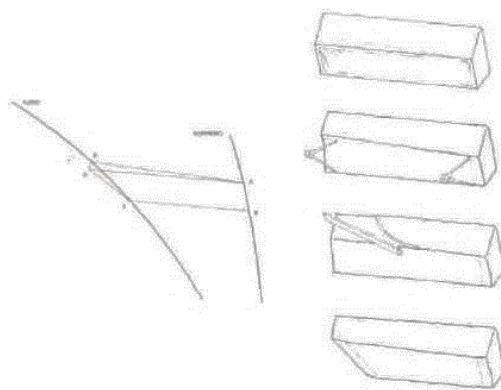


Figura 7.76. Talla de la plementería según el arquitecto Gelabert, 1653 (Rabasa Díaz, 2008).

Para la talla de cada pieza se labra una dovela con la anchura entre arcos; se toma de las marcas sobre los nervios el alabeo que será necesario, se corrige y se labra, Figura 7.76. Los plementos de las bóvedas laterales de macsura parecen seguir esta metodología de trabajo para su construcción, Figura 7.77. Hasta el momento solo ha podido ser realizada una cata en el intradós de la bóveda este, debido a la decoración original existente. Pero este sondeo ha demostrado que los plementos son de piedra, con un sistema de construcción y labra, parecido sino igual al descrito por Gelabert en 1653.



Figura 7.77. Cata realizada en los plementos de la cúpula este. Se aprecia el despiece de la sillería.

Las decoraciones de estrellas y flores existentes en las bóvedas son de yeso, incrustadas en los plementos mediante un vaciado de estos. Antes de colocar el yeso, se realiza un vaciado de parte de los plementos para acoger la decoración, posteriormente se repasa y talla la decoración in situ.

VI) *Cúpula gallonada y maderas*

El octógono central de las bóvedas se cubre mediante una pequeña cúpula de ocho gallones. Está cúpula apoya sobre los propios arcos y sus intersecciones. Es por este motivo por el que las dovelas de los arcos tienen las cogidas por el interior del octógono Figura 7.69, favoreciendo así el reparto de cargas. Cuenta esta bóveda al igual que la central con un octógono de maderas por su extradós. En este caso el cinturón es doble y ha sido fechado como original según los estudios llevados a cabo por el investigador del INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Centro de Investigación Forestal), Eduardo Rodríguez Trobajo

Aunque ambos octógonos de madera se encuentran trabados a media madera, al inferior le han sido cortadas las cabezas, mientras el superior aún las mantiene, Figura 7.78. Los análisis en las maderas llevadas a cabo por Rodríguez Trobajo han certificado que la madera utilizada en las bóvedas es Pino Laricio, de la Sierra de Cazorla. Las vigas utilizadas en el octógono superior, Figura 7.78 derecha, tienen unas dimensiones de 160mm de canto y 120mm de tabla.

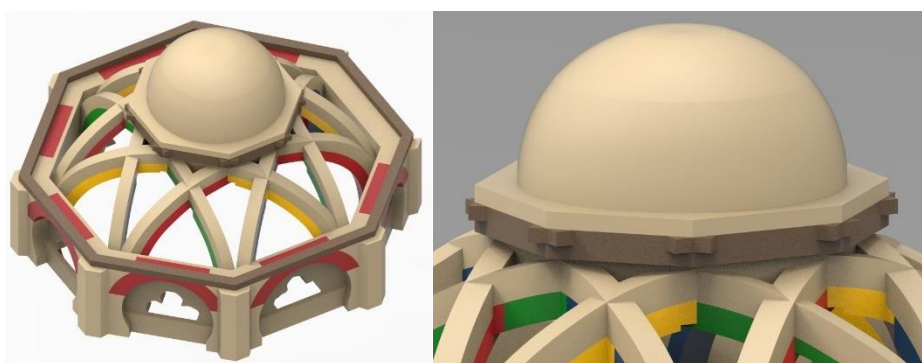


Figura 7.78. Octógonos de madera superiores e inferior sobre el modelo CAD.

Pino Laricio

Nombre científico: *Pinus nigra* Arn. Var. *Corsicana* Hort. Orden: Coníferas. Familia: Pinaceae. Subfamilia: Pinoideae.

La especie se encuentra extendida por España, Sureste de Francia, Córcega, Italia, Sicilia, Austria, Crimea, Anatolia, Chipre y el Norte de Marruecos. Teniendo como punto cercano a Córdoba la sierra de Cazorla. Además de ser el punto más cercano, la existencia de una conexión fluvial a través del Guadalquivir entre el punto de tala y la obra facilitan enormemente el proceso constructivo, Figura 7.79.

Este árbol suele llegar a los 30-40 metros de altura, e incluso 50 metros en casos excepcionales. Su tronco es recto y su crecimiento es de los más lentos de los pinos. Aunque su calidad varía en función de la zona, aquellos procedentes de Cuenca, Cazorla, Segura y Huesca son los de mejor calidad (Vignote Peña, 2014).

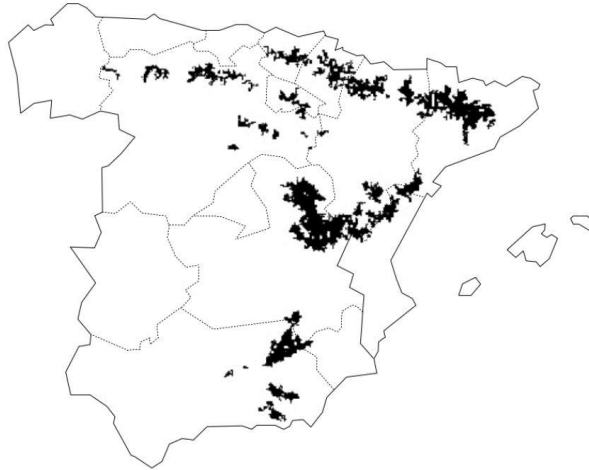


Figura 7.79. Distribución del Pino Laricio en la península ibérica (Vignote Peña, 2014).

La función del octógono superior creemos que es la de zuncho de la pequeña cúpula gallonada, esto es así debido a dos características. En primer lugar, las vigas de estos octógonos se encuentran montadas del revés, con un mayor canto (160 mm) que tabla (120 mm), teniendo por tanto una menor resistencia a flexión. En segundo lugar, la cúpula no apoya completamente sobre las maderas, sino solo de forma parcial, apoyando la mayor parte de la cúpula gallonada sobre los arcos de piedra. Por tanto, ante estas evidencias el octógono de madera superior actúa como zuncho de la cúpula gallonada, evitando que esta se abra por su propio peso y el de la cubierta.

Además del octógono de la cúpula gallonada, los paramentos exteriores cuentan con otro octógono de madera, Figura 7.78. Las maderas de este octógono se encuentran trabadas entre sí a media madera, sin cabezas y apoyan sus vértices sobre los contrafuertes de los arcos. Este octógono no tendría otra función que la de soporte de la estructura de cubierta original, en la actualidad modificada por completo y recreada en ambas bóvedas. Las dimensiones de las vigas utilizadas para la construcción de este octógono tienen unas dimensiones de 145mm de tabla y 200mm de canto, colocadas al igual que el octógono superior con una menor resistencia a flexión.

VII) Cubiertas

En su estudio Marfil explica que, aunque las trompas y pequeñas conchas de las esquinas de las bóvedas puedan parecer estructurales, son solo decorativas. (Marfil, 2004). Éste hecho, era claro, ya que los arcos de la cúpula descargan sobre otros puntos, y no sobre las trompas, no siendo por tanto estructurales. Las celosías, si bien no originales del momento de la construcción, sí que fueron colocados en época islámica (Marfil, 2004). La colocación de las celosías se lleva a cabo mediante ladrillos y retalle de la sillería original, quedando tapados parte de los estucos originales pintados a la almagra. Actualmente el equipo encargado de la investigación de las cúpulas de macsura está trabajando en el análisis de los paramentos exteriores y sus celosías.

Aunque no se conserva la cubierta original de ninguna de las tres bóvedas, la vista de la ciudad de Córdoba dibujada por Van der Wyngaerde en 1567 muestra las bóvedas laterales con una estructura diferente a la actual, al menos en la cúpula oriental. El dibujo muestra las cubiertas de las bóvedas laterales con una estructura a ocho aguas y doble altura, del mismo tipo que la bóveda occidental tiene en la actualidad, Figura 7.80. Por tanto, las

cubiertas de las dos bóvedas laterales de macsura debían de ser del mismo tipo que el utilizado actualmente en la cúpula oeste, Figura 7.81. Si bien está cubierta tampoco es original, durante alguna restauración de las cubiertas se decidió construirla siguiendo el esquema original.

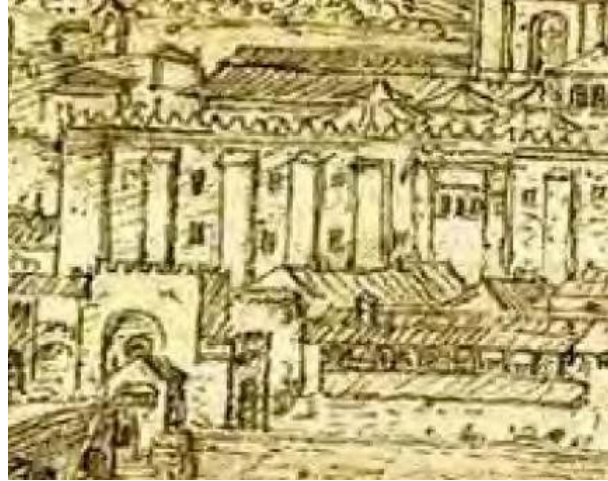


Figura 7.80. Detalle de las cúpulas de macsura en Wyngaerde, 1567, (Kagan, 1986).



Figura 7.81. Modelo fotogramétrico de la cubierta de la bóveda oeste en su estado actual.

3.7.3. Conclusiones

Tras la investigación llevada a cabo haciendo uso de modelos tridimensionales fotogramétricos y levantamientos en CAD hemos obtenido diversos resultados. En primer lugar, se ha generado una planimetría exacta de las bóvedas de macsura, así como un estudio de los arcos que las conforman. Analizando sus centros y sus dimensiones tanto en el sistema métrico internacional como haciendo uso del tipo de codo utilizado en la construcción.

Con el modelo CAD de las bóvedas se han analizado los muros exteriores y su sistema constructivo, así como el orden constructivo de los arcos. Los canteros de las bóvedas, lejos de tener una gran complejidad en la labra de las dovelas, optaron por realizar un trabajo de labra sencillo, cubriendo las imperfecciones de los arcos y sus uniones mediante el uso de mortero de cal y arena. Se ha podido así mismo rechazar otros métodos constructivos planteados con anterioridad tras las catas y análisis realizados.

Se ha demostrado que los arcos no son decorativos como diversos investigadores defendían, sino que son estructurales y sostienen tanto la plementería como la cúpula gallonada de su centro, además del peso de la cubierta. El sistema de construcción utilizado tiene similitudes con el sistema gótico, compartiendo un sistema parecido de arranque del arco mediante enjarjes horizontales hasta cierta altura de la bóveda. Estos enjarjes al igual que en el gótico son sillares horizontales que se entregan y forman parte de los muros exteriores. Además, el sistema de arcos entrecruzados tiene la misma función que las bóvedas góticas, partir la bóveda en sectores más pequeños para facilitar la construcción de las mismas. Si bien no nos atrevemos a afirmar que las bóvedas de macsura fuesen parte de la semilla del gótico, sí que comparte similitudes y diversos autores defienden este hecho.

Los plementos no han podido ser estudiados en su totalidad debido a la imposibilidad de estudiar el extradós de las bóvedas laterales. Aun así, se ha podido confirmar que son de piedra y que parecen seguir el método de construcción descrito por Gelabert en 1653. Así mismo, se ha comprobado como las decoraciones de estrellas y flores son de yeso y se encuentran encastradas en un hueco hecho en los plementos. Por tanto, para la colocación de las decoraciones tuvieron que hacer, o dejar preparado un hueco en los plementos de piedra.

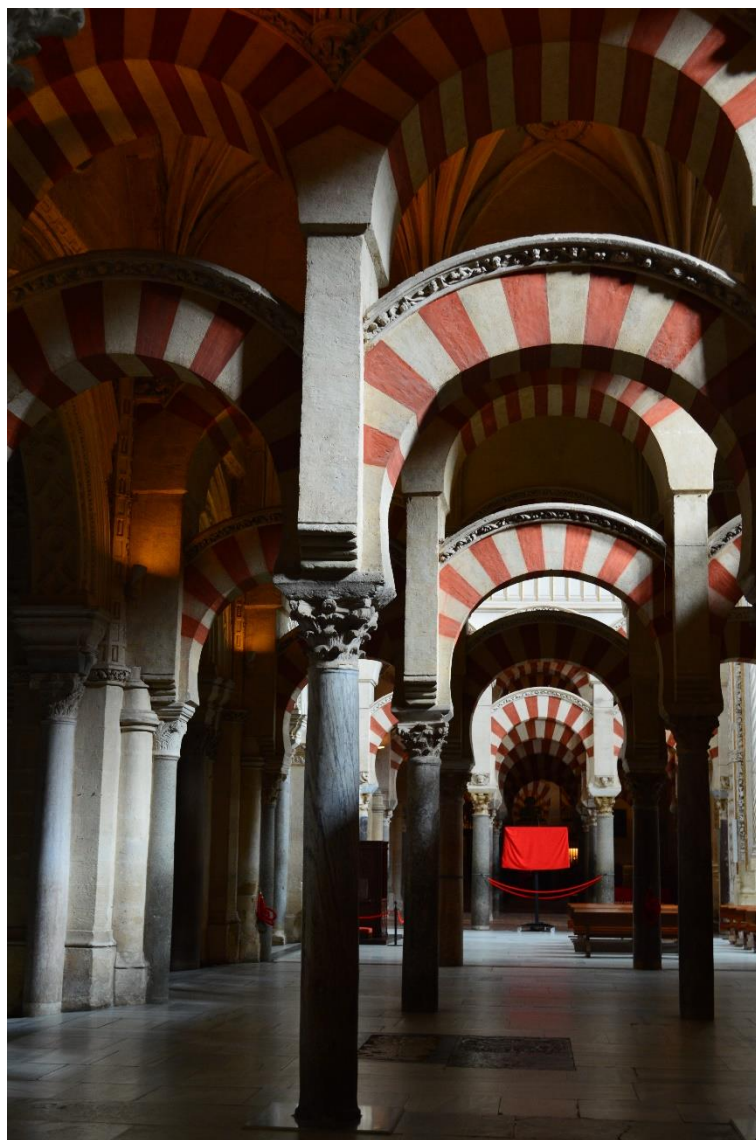
Las maderas analizadas en macsura son de Pino Laricio de la Sierra de Cazorla, emplazamiento perfecto debido a que es en esta Sierra donde nace el río Guadalquivir. El cual discurre a escasos metros de la Mezquita-Catedral de Córdoba, facilitando enormemente el transporte de la madera. Además, los octógonos de madera encontrados son originales, y servían como zuncho de la cúpula gallonada los superiores, y como soporte de la estructura de cubierta los inferiores.

Por último, aunque las cubiertas originales de macsura no se conservan, el dibujo de Wyngaerde muestra una cubierta de iguales características de la existente en la bóveda oriental.

El objetivo del capítulo era analizar y estudiar el sistema y la secuencia de construcción de las bóvedas laterales de la macsura de la Mezquita-Catedral de Córdoba. Este objetivo ha sido cumplido en parte. Aunque se ha conseguido estudiar la secuencia constructiva de los arcos, plementos, muros exteriores y sistema de hierros, aún quedan incógnitas por resolver.

Como futura línea de investigación se plantea, en las sucesivas etapas del proyecto de restauración de macsura, acometer el estudio constructivo completo de las bóvedas laterales, conociendo exactamente como se construyeron sus plementos, e intentar estudiar el sistema constructivo de los arcos de la bóveda central.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES



Arquerías del sector de 'Abd al-Rahman I.

Capítulo 4. Conclusiones de la tesis

En la introducción de la tesis se plantearon un total de cuatro objetivos principales. Estos objetivos han sido desarrollados en el capítulo 3, incluyéndose en cada uno de sus subcapítulos la introducción, metodología, resultados y conclusiones obtenidos para cada objetivo. En el presente apartado se describirán de forma somera las conclusiones obtenidas para cada objetivo, así como los objetivos adicionales incluidos en la tesis. Además, se hará mención a las futuras líneas de investigación que se quieren llevar a cabo una vez concluida la tesis.

1º Objetivo

Estudio matemáticos y estadísticos de relaciones y medidas en las diferentes zonas de la Mezquita Catedral de Córdoba. Parte de este objetivo ya se llevó a cabo en el TFM “Reconstrucción del alminar de Hisbām I de la Santa Iglesia Catedral de Córdoba, antigua Mezquita” presentado en 2014 en la Universidad de Córdoba. Ya en dicho trabajo se llegaron a importantes relaciones matemáticas dentro de los alminares ubicados en Andalucía. A lo largo de la tesis se pretende expandir dichos trabajos estadísticos en la sala de oración de la antigua Mezquita de ‘Abd al-Rahman I para catalogar sus columnas y verificar diversas hipótesis.

Este objetivo ha sido llevado a cabo en el capítulo 3.1 obteniendo importantes conclusiones. En primer lugar, han sido encontradas evidencias que apuntan a una mejora del sistema de construcción durante los periodos de paz del emirato y califato de Córdoba. Sin embargo, también se observa como durante momento de cambios políticos o militares el sistema de construcción se ve afectado negativamente, volviendo a relaciones y proporciones previas. Esto se debe a que los cambios políticos y militares propician la llegada y también la huida de artesanos cualificados. A partir de esta investigación se ha publicado un artículo en la revista Journal of Cultural Heritage (Ortiz-Cordero e Hidalgo, 2017).

Un importante resultado obtenido ha sido la correcta clasificación de fustes, capiteles y cimacios en grandes grupos. Permitiendo conocer que elementos de columnas pudieron provenir de algún edificio previo romano o visigodo. Se han encontrado grandes grupos de fustes, con conglomerados de catorce, veintinueve y treinta y dos fustes iguales. Estos podrían provenir de diversos edificios e incluso del Complejo Basílica de San Vicente, lo que requeriría un mínimo esfuerzo en el traslado de las piezas al encontrarse en el mismo solar. Además, se ha encontrado una premeditación en la colocación de las columnas de este sector. Aunque debido al movimiento de columnas llevado a cabo entre los siglos XV y XVI no ha podido ser analizado el sector completamente, se han podido identificar esquemas en la colocación de fustes. Por lo que el arquitecto no ubicó las columnas de forma aleatoria.

Los resultados obtenidos en los análisis corroboran la utilidad y necesidad de usar métodos estadísticos aplicados al patrimonio y la arqueología. Ante estos resultados es obvio proponer como antesala a cualquier estudio de reconstrucción virtual el uso de métodos estadísticos con el fin de encontrar relaciones y proporciones que sirvan de sustento y aporten una base científica a la reconstrucción virtual. Además, la metodología utilizada puede emplearse en otros campos dedicados al Patrimonio, como el estudio de diversos materiales de construcción o el análisis de sistemas constructivos y su variación en función de la sociedad y la época de construcción.

Permitiendo de esta forma analizar no solo los edificios o yacimientos arqueológicos sino también el contexto en el que fueron edificados o en el que fueron realizadas sus reformas o restauraciones.

2º Objetivo

Mejora para establecer el nivel de certidumbre en las reconstrucciones virtuales de yacimientos arqueológicos o edificios históricos. Con el segundo objetivo se pretende crear una escala de certidumbre que permita conocer con exactitud y precisión no solo la proveniencia de los datos de nuestras reconstrucciones virtuales, sino también la fiabilidad de dichos datos y por tanto la fiabilidad de las reconstrucciones. Con este objetivo se pretende que las reconstrucciones no sean un mero objeto de publicidad para el turismo, sino que sirvan a científicos e investigadores que trabajen en el yacimiento o edificio histórico.

El segundo objetivo ha sido analizado en el capítulo 3.4. Con este objetivo se pretende conseguir que las reconstrucciones virtuales sirvan a científicos e investigadores, y no únicamente como forma de difusión turística. La escala de certidumbre desarrollada ha sido modificada a partir de la escala generada para el proyecto Byzantium1200. Esta escala ha sido reducida en su número de niveles facilitando su uso sin perder información. Además, se ha variado su gradación cromática teniendo en cuenta para ello la teoría del color y el significado de los mismo. Acerca de esta escala se ha publicado un artículo en la revista Journal of Cultural Heritage, (Ortiz-Cordero, et al., 2017).

La escala propuesta cumple con las recomendaciones planteadas por las Cartas de Londres y los Principios de Sevilla, así como con las Recomendaciones Técnicas publicadas por la Junta de Andalucía para la documentación del Patrimonio.

3º Objetivo

3º Metodología de trabajo y desarrollo de estudios estratigráficos y paramentales en tres dimensiones para la mejora de los informes y la documentación de los emplazamientos arqueológicos. Actualmente los estudios paramentales y estratigráficos que se llevan a cabo en toda obra de restauración o excavación arqueológica se realizan en dos dimensiones, perdiendo parte de la información en dicho proceso. Además, el trabajar en 2D implica tener que trabajar con distintos planos a un mismo tiempo, uno de los objetivos de la presente tesis es llevar a cabo un sistema para

trabajar en 3D, conllevando esto una pérdida mínima o nula de información y dejando un testigo fiable de la excavación para futuros investigadores.

El estudio y desarrollo de análisis paramétricos tridimensionalmente es de los objetivos más importantes de la presente tesis, ya que permite la integración de los datos arqueológicos con los modelos tridimensionales generados mediante fotogrametría. Generando de esta forma un SIG 3D eficaz para la documentación en campo de yacimientos y edificios del patrimonio.

La metodología desarrollada y puesta a prueba en el capítulo 3.6 ha demostrado la importancia y utilidad de documentar tridimensionalmente cada una de las fases de excavación o restauración de cualquier elemento patrimonial. Obteniendo una fotogrametría o modelo en 4D de cada fase de la excavación conseguimos un registro exacto de toda la estratigrafía. De esta forma, la excavación puede volver a ser estudiada durante, o tras la finalización de la misma. Esta documentación servirá además a futuros investigadores que necesiten conocer todos los detalles referentes a la excavación. Adicionalmente se han desarrollado dos Scripts en lenguaje Python para poder incluir datos arqueológicos en nuestros modelos fotogramétricos a través del software Blender. Gracias a los scripts desarrollados se podrán incluir datos y exportarlos a cualquier software SIG.

Asimismo, aunque esta metodología implica un gran número de fotografías y dibujo planimétrico, consigue documentar una mayor superficie por hora con respecto al dibujo arqueológico manual. De esta forma se consigue documentar una superficie cinco veces mayor en el mismo tiempo.

4º Objetivo

4º Estudio constructivo de la Maqsura construida por el Califa al-Hakam II y búsqueda de paralelos en el mundo árabe y Bizantino. Recientemente se han iniciado los trabajos de investigación previos a la restauración que se llevará a cabo en todo este sector de la Mezquita Catedral de Córdoba. Dicho proyecto de investigación con una duración de un año y medio está formado por gran cantidad de técnicos cada uno encargado de una parte del mismo, como miembro de dicho proyecto mi labor es la de reconstrucción tridimensional, creación de las planimetrías y del estudio constructivo de las bóvedas y los muros de dicha zona.

En el Capítulo 3.7 se ha estudiado el sistema constructivo de las cúpulas laterales de la Maqsura de la Mezquita-Catedral de Córdoba construida por el Califa al-Hakam II. Para ello se han realizado modelos fotogramétricos de las cúpulas, tanto interior como exteriormente. Asimismo, se han llevado a cabo catas arqueológicas y se han dibujado planimetrías para obtener las mediciones necesarias de ambas bóvedas, llevando a cabo análisis de las medidas en codos y las variaciones existentes en los radios de los arcos.

Como conclusión principal del capítulo se ha obtenido el orden y sistema constructivo de los arcos de las bóvedas laterales, así como el tipo de madera utilizado, la forma de la cubierta original y la manera en la cual los elementos de la bóveda fueron realizados. Además, ha sido descartada la teoría de que estas bóvedas fueran únicamente decorativas,

teoría expuesta y defendida por varios investigadores como ya ha sido analizado en el capítulo. Asimismo, se ha analizado su posible procedencia y su repercusión en el sistema constructivo gótico, sobre el que parece tuvo gran influencia este tipo de cúpulas con las cuales comparten similitudes.

Este objetivo ha sido cumplido en parte ya que, aunque se ha conseguido estudiar gran parte de estas bóvedas, aún no se conoce como se unen arcos y plementos, así como tampoco el sistema y despiece de los arcos de la bóveda central de macsura.

Objetivos adicionales

La totalidad de los objetivos planteados al inicio de la tesis ha sido completada con éxito, obteniendo importantes resultados para cada uno de ellos como ya ha sido analizado en los capítulos correspondientes. Además de los objetivos principales, se han obtenido diversos objetivos y conclusiones adicionales a partir de los estudios realizados.

1. En el Capítulo 3.2 se ha conseguido hallar el diseño de las ventanas de arcos gemelos con relación flecha/diámetro 7/8. Este análisis ha servido para las posteriores reconstrucciones llevadas a cabo en los capítulos 3.3 y 3.4. Aunque estos resultados no pretenden ser definitivos, si son un primer paso en el estudio geométrico del trazado de este tipo de ventanas. Estos resultados ponen de nuevo en evidencia la necesidad de realizar análisis matemáticos y geométricos de los edificios o yacimientos arqueológicos antes de proceder a su reconstrucción tridimensional.

2. El objetivo del Capítulo 3.3 era llevar a cabo la reconstrucción del alminar de Hishām I a partir de las conclusiones obtenidas en los capítulos 3.1 y 3.2, de las fuentes árabes y de las excavaciones llevadas a cabo por el arquitecto Félix Hernández. El objetivo se ha cumplido, obteniendo no solo el modelo tridimensional sino también la planimetría de la reconstrucción. Aunque han tenido que tomarse diversas hipótesis, en todo momento se han analizado, para ser descartadas o para proponer distintas opciones.

Por último, se ha propuesto una metodología de trabajo completa para realizar este tipo de reconstrucciones virtuales.

- Identificar las fuentes históricas y estudios arqueológicos previos del emplazamiento en estudio o de emplazamientos que tengan relevancia con el complejo arquitectónico.
- Realizar estudios estadísticos referente a sus dimensiones y a las dimensiones de ejemplares relevantes, no únicamente centrarnos en nuestro complejo arquitectónico.
- Estudiar las posibles proporciones existentes, geometría y otras relaciones que puedan ser de utilidad en la reconstrucción de las partes inexistentes, tanto en nuestro ejemplar como en otros emplazamientos.

- Clasificar todos los datos y tomar decisiones de cada una de las zonas, dividiendo correctamente el trabajo para evitar errores.
- Diseñar cada una de las zonas y comprobar que todo encaja correctamente, pudiendo hacer modificaciones siempre y cuando queden avaladas y justificadas por los estudios previos.

3. En el Capítulo 3.4 se ha realizado la reconstrucción del alminar de ‘Abd al-Rahman III. Para ello se han seguido los pasos propuestos en el Capítulo 3.3, analizando las fuentes históricas, los trabajos realizados anteriormente y explorando aquellas zonas del alminar de las cuales no se tenían datos. Esto ha permitido obtener la información necesaria para reconstruir tridimensionalmente el alminar. Además, se han documentado tridimensionalmente zonas del alminar hasta ahora no documentadas, mejorando el conocimiento que se tiene de este magnífico ejemplar.

4. Durante la exploración previa a la documentación gráfica del aljibe, capítulo 3.5, han sido descubiertas las dos canalizaciones de entrada de agua. Además, en la lumbrera central se verificó la existencia de un rebosadero del aljibe. Éste se encuentra a un nivel más bajo que las canalizaciones de entrada y con una mayor sección. Estos hallazgos han permitido desechar la propuesta de llenado existente hasta ahora, el llenado del aljibe mediante el agua de lluvia de las cubiertas.

El aljibe tras las canalizaciones descubiertas se llenaba utilizando el remanente del qanat de la mezquita, con agua limpia de la Sierra de Córdoba. Asimismo, en las lumbreras laterales se han encontrado dos brocales de pozo de época islámica poniendo de evidencia que el agua se extraía a través pozos.

Del aljibe de la Mezquita-Catedral de Córdoba ha sido generado un modelo tridimensional completo, obteniendo el estado actual y permitiendo analizar y comprobar su estabilidad con un seguimiento del mismo. Para ello, además del modelo tridimensional se ha dibujado la planimetría de todo el aljibe, incluyendo diversas secciones. Comprobando el buen estado de conservación en el que se encuentra actualmente.

A partir del modelo generado se ha podido calcular una capacidad de 700 m³ o 700.000 litros de agua para el aljibe. Con los datos recopilados se ha estimado el tiempo de llenado del aljibe en función de diversas hipótesis de caudal de agua, llegando a la conclusión de que el aljibe tardaba en llenarse entre 10 y 25 horas, momento en que comenzaría a rebosar por el conducto habilitado para ello.

La adición de este capítulo ha permitido demostrar la utilidad del uso de softwares de ingeniería cuando son dedicados a estudios patrimoniales. En este caso los softwares CFD nos permiten hacer análisis de fluidos en distintos ámbitos. Otros softwares, como los CAE (Cad Aided Engineering) nos permiten llevar a cabo estudios de cargas y resistencia o incluso plantear hipótesis y observar cómo se comporta el edificio antes diferentes esfuerzos.

5. Por último, en el capítulo 3.6 se ha estudiado la precisión y el error en la generación de nubes de puntos y mallas en distintos modelos. Obteniendo como conclusión que cada aumento de nivel de precisión en el software Agisoft Photoscan multiplica por cuatro el número de puntos o caras generados. Además, el 99% de los puntos generados se encuentran por debajo del milímetro de error. Ha sido aprovechado también el modelo fotogramétrico para insertarlo en un software CAD y analizar el volumen total excavado durante la intervención. Esta misma metodología puede ser usada para estudiar la pérdida de material en paramentos o piezas arqueológicas como jarrones, fustes o capiteles.

Se ha desarrollado asimismo la metodología de trabajo necesaria para dibujar la planimetría 2D e insertarla en un software SIG cuando se lleva a cabo fotogrametría 4D. Aportando los distintos tipos de capas, sus grosores, colores, símbolos y referencias necesarias para identificar las capas.

Por último, todos los modelos generados han sido añadidos a la plataforma Sketchfab y a la web de la Mezquita-Catedral de Córdoba para su divulgación científica y turística. El uso de nuevas tecnologías y la metodología desarrollada a lo largo de la tesis permiten compartir de forma interactiva toda la información obtenida. De este modo, la información puede ser estudiada tanto por investigadores expertos en la materia como por aficionados a la historia.


Futuras líneas de investigación

Tras los estudios llevados a cabo se plantean las siguientes líneas de investigación que se desarrollarán en la Mezquita-Catedral de Córdoba.


1. Continuación de los estudios estadísticos en las columnas del sector de ‘Abd al-Rahman II y puesta en común con los resultados obtenidos hasta ahora.
2. Ampliación de los estudios estadísticos al análisis de los materiales de construcción como ladrillos y sillares.
3. Mejorar la integración de los modelos fotogramétricos y el sistema de estratigrafía 3D llevado a cabo.
4. Acometer el estudio completo de las bóvedas de macsura conforme avancen las sucesivas etapas de estudio y restauración de este sector.

ANEXOS


ANEXO I. CATÁLOGO DE COLUMNAS DEL SECTOR DE ‘ABD AL-RAHMAN I

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL1				
	Cimacio						
	<i>Altura</i>		0.178		<i>L. máx. E-O</i> 0.845		
	<i>L. máx. S-N</i>		-		<i>L. min. E-O</i> 0.706		
	<i>L. min. S-N</i>		-		<i>Estilo</i> Moldurado		
	<i>Material</i>		Caliza Negra		<i>Época</i> Tardoantigua		
Capitel							
<i>Altura</i>		0.502		<i>Estilo</i>		Corintizante	
<i>D. inferior</i>		0.445		<i>Material</i>		Mármol Blanco	
<i>Anchura superior</i>		0.74		<i>Época</i>		Julio-Claudia	
Fuste							
<i>D. imoscapo</i>		0.476		<i>Alt. imoscapo</i>		0.125	
<i>D. inferior</i>		0.443		<i>D. 1 metro fuste</i>		0.445	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.423		<i>Relación D2/D1</i>		0.951	
<i>D. superior</i>		0.398		<i>D. sumoscapo</i>		0.41	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.074		<i>Alt. Fuste</i>		2.798	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.615		<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>		<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-		<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso		<i>Material</i>	Breccia Roja		<i>Época</i>	Califal
Basa							
<i>Altura</i>	-		<i>Altura Plinto</i>	-		<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-		<i>D. Toro sup.</i>	-		<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-		<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.							


<https://sketchfab.com/models/ef5e2346101f499a896993a26a68285a>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.176	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. máx. S-N</i>		0.685	<i>L. mín. E-O</i>		-
	<i>L. mín. S-N</i>		0.544	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Indeterminado		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.503	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.4	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.545	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.466	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.452	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.421	<i>Relación D2/D1</i>		0.931	
<i>D. superior</i>		0.396	<i>D. sumoscapo</i>		0.43	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.089	<i>Alt. Fuste</i>		2.884	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.85	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	.	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. mín.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/1c94dd77a2e24e28bf7bc63018524871>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.21	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. máx. S-N</i>		0.716	<i>L. mín. E-O</i>		-
	<i>L. mín. S-N</i>		0.551	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Indeterminado		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.526	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.338	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.511	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		0.099	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.395	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.375	<i>Relación D2/D1</i>		0.949	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		2.887	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.699	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	2			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. mín.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Caliza	<i>Época</i>	III d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f1c6042d4fbf4c23ba5f3dde6aad1dd9>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.182	<i>L. máx. S-N</i>		0.636
	<i>L. min. S-N</i>		0.521	<i>L. máx. E-O</i>		0.551
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Indeterminado		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.425	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.36	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.511	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/7e07c15153e7415f9d60172f17e59d89>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.18	<i>L. máx. S-N</i>		0.62
	<i>L. mín. S-N</i>		0.52	<i>L. máx. E-O</i>		0.6
	<i>L. mín. E-O</i>		0.55	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.56	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.41	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.55	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.455	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.457	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.428	<i>Relación D2/D1</i>		0.937	
<i>D. superior</i>		0.411	<i>D. sumoscapo</i>		0.451	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.107	<i>Alt. Fuste</i>		2.793	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.526	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.59	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.586	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito de la Tróade		<i>Época</i>	Imperial
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. mín.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/cdc6c0fd69cd47468b9d12811eadd59a>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.298	<i>L. máx. S-N</i>		0.745
	<i>L. min. S-N</i>		0.648	<i>L. máx. E-O</i>		0.647
	<i>L. min. E-O</i>		0.556	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.573	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.51	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.418	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		2.743	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Caliza	<i>Época</i>	I d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/beb93a731d504d8898170ddb3e193894>

	Denominación		UC14 – EL7			
	Cimacio					
	Altura		0.19	L. máx. S-N		0.675
	L. min. S-N		0.467	L. máx. E-O		0.571
	L. min. E-O		0.457	Estilo	Liso	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.548	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.385	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		-	Época	Adrianea		
Fuste						
D. imoscapo		-	Alt. imoscapo		-	
D. inferior		0.415	D. 1 metro fuste		0.427	
D. 2 metros fuste		0.415	Relación D2/D1		0.972	
D. superior		0.388	D. sumoscapo		0.416	
Alt. Sumoscapo		0.082	Alt. Fuste		2.967	
Relación Alt/D2		7.149	Completa		<input type="checkbox"/>	
Agujeros	<input type="checkbox"/>	Cota agujeros	-			
Desviación ángulo N-S		0.63	Desviación ángulo E-O		1.087	
Estilo	Liso	Material	Granito Gris	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.175	Altura Plinto		-	D. máx.	0.598
D. min.	0.43	D. Toro sup.		-	Anchura	0.615
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/8755154f12b940dd989fd80ef8ddd0b3>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.246	<i>L. máx. S-N</i>		0.636
	<i>L. mín. S-N</i>		0.468	<i>L. máx. E-O</i>		0.645
	<i>L. mín. E-O</i>		0.513	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.401	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.348	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.466	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.409	<i>Alt. imoscapo</i>		0.041	
<i>D. inferior</i>		0.39	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.404	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.364	<i>Relación D2/D1</i>		0.901	
<i>D. superior</i>		0.342	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		3.144	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.637	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.782	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.918	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.074	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.566	
<i>D. mín.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	0.57	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/b57c567dd9314e13b0da13bd7415b471>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.283	<i>L. máx. S-N</i>		0.66
	<i>L. min. S-N</i>		0.553	<i>L. máx. E-O</i>		0.647
	<i>L. min. E-O</i>		0.556	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.451	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.415	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.553	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.436	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.421	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.404	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.39	<i>D. sumoscapo</i>		0.413	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.081	<i>Alt. Fuste</i>		2.951	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.304	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.208	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.178	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.686
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	0.61
<i>Estilo</i>	Compuesta Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I d.C.	
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>						


<https://sketchfab.com/models/3ccf4831e6e64b3897216466ab47579f>

	<i>Denominación</i>		UC14 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.188	<i>L. máx. S-N</i>		0.663
	<i>L. min. S-N</i>		0.481	<i>L. máx. E-O</i>		0.553
	<i>L. min. E-O</i>		0.48	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Indeterminado		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.554	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.387	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.7	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.387	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.394	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.366	<i>Relación D2/D1</i>		0.929	
<i>D. superior</i>		0.387	<i>D. sumoscapo</i>		0.391	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.068	<i>Alt. Fuste</i>		2.866	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.831	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>				
<i>Desviación ángulo N-S</i>			<i>Desviación ángulo E-O</i>			
<i>Estilo</i>		<i>Material</i>		<i>Época</i>		
Basa						
<i>Altura</i>		<i>Altura Plinto</i>			<i>D. máx.</i>	
<i>D. min.</i>		<i>D. Toro sup.</i>			<i>Anchura</i>	
<i>Estilo</i>		<i>Material</i>		<i>Época</i>		
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c4c6d262de504bc6b21a5777752bb9cd>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.147	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.596
	<i>L. min. E-O</i>		0.465	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.516	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.358	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.597	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.446	<i>Alt. imoscapo</i>		0.073	
<i>D. inferior</i>		0.391	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.366	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.35	<i>Relación D2/D1</i>		0.956	
<i>D. superior</i>		0.325	<i>D. sumoscapo</i>		0.358	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.08	<i>Alt. Fuste</i>		3.002	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.577	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.228	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.1	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.489
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.441	<i>Anchura</i>	0.528
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a3245508b1464c989346282b23c49e34>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.202	<i>L. máx. S-N</i>		0.71
	<i>L. min. S-N</i>		0.583	<i>L. máx. E-O</i>		0.728
	<i>L. min. E-O</i>		0.552	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.419	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.327	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.506	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.377	<i>Alt. imoscapo</i>		0.077	
<i>D. inferior</i>		0.364	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.37	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.359	<i>Relación D2/D1</i>		0.97	
<i>D. superior</i>		0.332	<i>D. sumoscapo</i>		0.366	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.087	<i>Alt. Fuste</i>		2.939	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.187	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.05 – 1.22 – 1.3			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.154	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.498	
<i>D. min.</i>	0.428	<i>D. Toro sup.</i>	0.454	<i>Anchura</i>	0.517	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c9d74b4447fd4aada02173f477268677>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.193	<i>L. máx. S-N</i>		0.645
	<i>L. min. S-N</i>		0.495	<i>L. máx. E-O</i>		0.705
	<i>L. min. E-O</i>		0.612	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.367	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.335	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.47	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.41	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.415	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.397	<i>Relación D2/D1</i>		0.957	
<i>D. superior</i>		0.38	<i>D. sumoscapo</i>		0.405	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.08	<i>Alt. Fuste</i>		3.08	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.758	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.18			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.43	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.175	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.566	
<i>D. min.</i>	0.463	<i>D. Toro sup.</i>	0.463	<i>Anchura</i>	0.59	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/e61b5dc4fd604c7a805837afe29bacec>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.183	<i>L. máx. S-N</i>		0.677
	<i>L. min. S-N</i>		0.561	<i>L. máx. E-O</i>		0.747
	<i>L. min. E-O</i>		0.592	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.386	<i>Estilo</i>	Compuesto		
<i>D. inferior</i>		0.342	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.565	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.416	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.422	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.401	<i>Relación D2/D1</i>		0.95	
<i>D. superior</i>		0.372	<i>D. sumoscapo</i>		0.419	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.095	<i>Alt. Fuste</i>		3.011	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.509	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.99	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.11	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.163	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.618	
<i>D. min.</i>	0.476	<i>D. Toro sup.</i>	0.498	<i>Anchura</i>	0.641	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ecd438766ba44f48b29635da3f84bf24>

	Denominación		UC15 – EL5			
	Cimacio					
	Altura		0.201	L. máx. S-N		0.672
	L. min. S-N		0.54	L. máx. E-O		0.737
	L. min. E-O		0.552	Estilo	Moldurado	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.486	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.355	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.623	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.456	Alt. imoscapo		0.07	
D. inferior		0.436	D. 1 metro fuste		0.439	
D. 2 metros fuste		0.431	Relación D2/D1		0.982	
D. superior		0.405	D. sumoscapo		-	
Alt. Sumoscapo		-	Alt. Fuste		2.838	
Relación Alt/D2		6.585	Completa		☐	
Agujeros	☐	Cota agujeros		-		
Desviación ángulo N-S		0.44	Desviación ángulo E-O		-1.07	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.32	Altura Plinto		-	D. máx.	0.571
D. min.	0.465	D. Toro sup.		0.468	Anchura	0.64
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d82713775e7b495fbf8c923197ad6b44>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.181	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.613
	<i>L. min. E-O</i>		0.568	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.471	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.388	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.457	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.439	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.419	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.395	<i>Relación D2/D1</i>		0.943	
<i>D. superior</i>		0.374	<i>D. sumoscapo</i>		0.388	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.069	<i>Alt. Fuste</i>		2.81	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.114	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.61	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.52	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Negra	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	0.249	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.663
<i>D. min.</i>	0.545	<i>D. Toro sup.</i>		0.545	<i>Anchura</i>	0.743
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/9e72325bc102482790203cb4f29ed4c6>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.13	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.765
	<i>L. min. E-O</i>		0.594	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.461	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.346	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.551	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.393	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.403	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.396	<i>Relación D2/D1</i>		0.983	
<i>D. superior</i>		0.366	<i>D. sumoscapo</i>		0.389	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.099	<i>Alt. Fuste</i>		3.09	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.803	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.11	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.06	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.217	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.568
<i>D. min.</i>	0.434	<i>D. Toro sup.</i>		0.434	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	III d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/fd8f143c43504c07bff16912f8d38640>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.189	<i>L. máx. S-N</i>		0.657
	<i>L. min. S-N</i>		0.474	<i>L. máx. E-O</i>		0.566
	<i>L. min. E-O</i>		0.41	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.44	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.352	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.494	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.399	<i>Alt. imoscapo</i>		0.051	
<i>D. inferior</i>		0.363	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.369	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.349	<i>Relación D2/D1</i>		0.946	
<i>D. superior</i>		0.323	<i>D. sumoscapo</i>		0.366	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.069	<i>Alt. Fuste</i>		2.951	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.456	<i>Completa</i>		☒	
<i>Agujeros</i>	☒	<i>Cota agujeros</i>	1.05			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.392	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.307	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.23	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.533	
<i>D. min.</i>	0.428	<i>D. Toro sup.</i>	0.456	<i>Anchura</i>	0.545	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
<i>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</i>						


<https://sketchfab.com/models/0c81e6135e094f98ac9d8b5214e424a6>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.281	<i>L. máx. S-N</i>		0.592
	<i>L. min. S-N</i>		0.488	<i>L. máx. E-O</i>		0.531
	<i>L. min. E-O</i>		0.461	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.571	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.341	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.637	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.385	<i>Alt. imoscapo</i>		0.06	
<i>D. inferior</i>		0.359	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.359	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.347	<i>Relación D2/D1</i>		0.967	
<i>D. superior</i>		0.314	<i>D. sumoscapo</i>		0.335	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.064	<i>Alt. Fuste</i>		2.656	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.654	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.554	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.441	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.306	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.586
<i>D. min.</i>	0.451	<i>D. Toro sup.</i>		0.463	<i>Anchura</i>	0.595
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f749ae10b6e04d0a8df4755c3c1fc859>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.163	<i>L. máx. S-N</i>		0.666
	<i>L. min. S-N</i>		0.45	<i>L. máx. E-O</i>		0.549
	<i>L. min. E-O</i>		0.434	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.442	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.324	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.448	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.412	<i>Alt. imoscapo</i>		0.056	
<i>D. inferior</i>		0.4	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.385	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.372	<i>Relación D2/D1</i>		0.966	
<i>D. superior</i>		0.356	<i>D. sumoscapo</i>		0.381	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.08	<i>Alt. Fuste</i>		2.98	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.011	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.215	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.40	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.237	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.529	
<i>D. min.</i>	0.454	<i>D. Toro sup.</i>	0.457	<i>Anchura</i>	0.544	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/58cd92c2c8e54ba4b02eb0a6308291bf>

	<i>Denominación</i>		UC15 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.184	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.557
	<i>L. min. E-O</i>		0.471	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.41	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.319	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.524	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.397	<i>Alt. imoscapo</i>		0.025	
<i>D. inferior</i>		0.388	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.408	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.407	<i>Relación D2/D1</i>		0.998	
<i>D. superior</i>		0.384	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		3.028	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.44	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.979	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.615	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	0.315	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.527
<i>D. min.</i>	0.409	<i>D. Toro sup.</i>		0.477	<i>Anchura</i>	0.521
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/506392e5e91040d49d9ccb872f4c3a96>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.196	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.622
	<i>L. min. E-O</i>		0.493	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.456	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.321	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.533	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.394	<i>Alt. imoscapo</i>		0.089	
<i>D. inferior</i>		0.372	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.377	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.352	<i>Relación D2/D1</i>		0.934	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		2.481	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.048	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.55 – 1.67			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.892	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Brecia Roja	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/7d8b4ed119e849d28c31ae84ff615c24>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.217	<i>L. máx. S-N</i>		0.672
	<i>L. min. S-N</i>		0.539	<i>L. máx. E-O</i>		0.745
	<i>L. min. E-O</i>		0.608	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.484	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.385	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.536	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.447	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.442	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.427	<i>Relación D2/D1</i>		0.966	
<i>D. superior</i>		0.393	<i>D. sumoscapo</i>		0.427	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.093	<i>Alt. Fuste</i>		3.044	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.129	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.772	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.381	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ba65d6019a484c868d0c7998532f723d>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.16	<i>L. máx. S-N</i>		0.624
	<i>L. min. S-N</i>		0.514	<i>L. máx. E-O</i>		0.718
	<i>L. min. E-O</i>		0.586	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.449	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.348	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.534	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.466	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.463	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.427	<i>Relación D2/D1</i>		0.922	
<i>D. superior</i>		0.385	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		3.094	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.246	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/74a4a8ccd6244dab9bbcb980f8ef129f>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.138	<i>L. máx. S-N</i>		0.671
	<i>L. min. S-N</i>		0.591	<i>L. máx. E-O</i>		0.663
	<i>L. min. E-O</i>		0.586	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.432	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.406	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.671	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.431	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.423	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.421	<i>Relación D2/D1</i>		0.995	
<i>D. superior</i>		0.402	<i>D. sumoscapo</i>		0.452	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.093	<i>Alt. Fuste</i>		3.169	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.527	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.224	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/e8cdd31fcf714ceaad5a13ea9b013fbc>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.25	<i>L. máx. S-N</i>		0.671
	<i>L. min. S-N</i>		0.566	<i>L. máx. E-O</i>		0.732
	<i>L. min. E-O</i>		0.588	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.44	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.417	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.533	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.431	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.433	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.411	<i>Relación D2/D1</i>		0.949	
<i>D. superior</i>		0.382	<i>D. sumoscapo</i>		0.427	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.072	<i>Alt. Fuste</i>		3.117	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.584	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.106	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.318	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/e11b0ce8e49448809f138fcd822e3733>

	Denominación		UC16 – EL6			
	Cimacio					
	Altura		0.152	L. máx. S-N		-
	L. min. S-N		-	L. máx. E-O		0.517
	L. min. E-O		0.409	Estilo	Liso	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.454	Estilo	Corintio de hojas lisas		
D. inferior		0.336	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.518	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.379	Alt. imoscapo		0.085	
D. inferior		0.354	D. 1 metro fuste		0.367	
D. 2 metros fuste		0.345	Relación D2/D1		0.940	
D. superior		-	D. sumoscapo		-	
Alt. Sumoscapo		-	Alt. Fuste		2.499	
Relación Alt/D2		7.243	Completa		<input type="checkbox"/>	
Agujeros	<input type="checkbox"/>	Cota agujeros	-			
Desviación ángulo N-S		-0.395	Desviación ángulo E-O		0	
Estilo	Liso	Material	Breccia Roja	Época	Califal	
Basa						
Altura	0.23	Altura Plinto		0.076	D. máx.	0.434
D. min.	-	D. Toro sup.		0.356	Anchura	0.44
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a04f99a83347419ab9841b1ec55eee8c>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.209	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.526
	<i>L. min. E-O</i>		0.346	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.418	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.305	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.523	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.42	<i>Alt. imoscapo</i>		0.046	
<i>D. inferior</i>		0.379	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.375	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.358	<i>Relación D2/D1</i>		0.955	
<i>D. superior</i>		0.335	<i>D. sumoscapo</i>		0.37	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.067	<i>Alt. Fuste</i>		2.918	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.151	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.083	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.389	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.236	<i>Altura Plinto</i>		0.075	<i>D. máx.</i>	0.594
<i>D. min.</i>	0.464	<i>D. Toro sup.</i>		0.495	<i>Anchura</i>	0.6
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/e7626baeae98443a806aa138c7032dfb>

	Denominación		UC16 – EL8			
	Cimacio					
	Altura		0.134	L. máx. S-N		0.555
	L. min. S-N		0.457	L. máx. E-O		0.651
	L. min. E-O		0.516	Estilo	Moldurado	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.394	Estilo	Compuesto		
D. inferior		0.336	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.584	Época	Adrianea		
Fuste						
D. imoscapo		0.403	Alt. imoscapo		0.06	
D. inferior		0.377	D. 1 metro fuste		0.381	
D. 2 metros fuste		0.368	Relación D2/D1		0.966	
D. superior		0.34	D. sumoscapo		0.372	
Alt. Sumoscapo		0.076	Alt. Fuste		2.97	
Relación Alt/D2		8.073	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	1.08 – 1.11			
Desviación ángulo N-S		0.89	Desviación ángulo E-O		-1.45	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.266	Altura Plinto		0.071	D. máx.	0.54
D. min.	0.397	D. Toro sup.		0.457	Anchura	0.543
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f33908ac006c484ea0e3eb0cfc4de652>

	Denominación		UC16 – EL9			
	Cimacio					
	Altura		0.164	L. máx. S-N		0.577
	L. min. S-N		0.48	L. máx. E-O		0.55
	L. min. E-O		0.517	Estilo	Moldurado	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.393	Estilo	Corintizante		
D. inferior		0.318	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.491	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.398	Alt. imoscapo		0.055	
D. inferior		0.366	D. 1 metro fuste		0.366	
D. 2 metros fuste		0.349	Relación D2/D1		0.954	
D. superior		0.324	D. sumoscapo		0.364	
Alt. Sumoscapo		0.082	Alt. Fuste		3.017	
Relación Alt/D2		8.645	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	1.25 – 1.25			
Desviación ángulo N-S		0.984	Desviación ángulo E-O		-0.869	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.25	Altura Plinto		0.038	D. máx. 0.544	
D. min.	0.404	D. Toro sup.		0.47	Anchura 0.547	
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/85de933b5b2945a29e5104b432a1bd8c>

	<i>Denominación</i>		UC16 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.197	<i>L. máx. S-N</i>		0.677
	<i>L. min. S-N</i>		0.534	<i>L. máx. E-O</i>		0.671
	<i>L. min. E-O</i>		0.551	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.487	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.358	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.589	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.428	<i>Alt. imoscapo</i>		0.038	
<i>D. inferior</i>		0.382	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.369	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.353	<i>Relación D2/D1</i>		0.957	
<i>D. superior</i>		0.334	<i>D. sumoscapo</i>		0.354	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.072	<i>Alt. Fuste</i>		2.908	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.238	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>				
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.789	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.217	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.277	<i>Altura Plinto</i>	0.067	<i>D. máx.</i>	0.509	
<i>D. min.</i>	0.418	<i>D. Toro sup.</i>	0.478	<i>Anchura</i>	0.503	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c14f5ea3dbb84c1e96f7f39b65adc9c2>

	Denominación		UC16 – EL11			
	Cimacio					
	Altura		0.175	L. máx. S-N		0.587
	L. min. S-N		0.511	L. máx. E-O		0.573
	L. min. E-O		0.494	Estilo	Moldurado	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.434	Estilo	Compuesto		
D. inferior		0.352	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.538	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.391	Alt. imoscapo		0.04	
D. inferior		0.364	D. 1 metro fuste		0.367	
D. 2 metros fuste		0.355	Relación D2/D1		0.967	
D. superior		0.346	D. sumoscapo		0.379	
Alt. Sumoscapo		0.073	Alt. Fuste		2.984	
Relación Alt/D2		8.406	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	0.96 – 1.07			
Desviación ángulo N-S		0.601	Desviación ángulo E-O		-0.132	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.196	Altura Plinto		0.063	D. máx.	0.561
D. min.	0.475	D. Toro sup.		0.478	Anchura	0.59
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/7571e15fbbc24ce5adab5fce688f8d73>

	Denominación		UC16 – EL12			
	Cimacio					
	Altura		0.175	L. máx. S-N		0.584
	L. min. S-N		0.426	L. máx. E-O		0.595
	L. min. E-O		0.475	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.445	Estilo	Compuesto		
D. inferior		0.348	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.553	Época	Adrianea		
Fuste						
D. imoscapo		0.396	Alt. imoscapo		0.058	
D. inferior		0.367	D. 1 metro fuste		0.36	
D. 2 metros fuste		0.347	Relación D2/D1		0.964	
D. superior		0.327	D. sumoscapo		0.359	
Alt. Sumoscapo		0.057	Alt. Fuste		2.957	
Relación Alt/D2		8.522	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	0.89 – 0.93			
Desviación ángulo N-S		0.35	Desviación ángulo E-O		0	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.218	Altura Plinto		0.059	D. máx.	0.552
D. min.	0.444	D. Toro sup.		0.449	Anchura	0.559
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/48e0ab8632504755957055aa5beafbd5>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.171	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.593
	<i>L. min. E-O</i>		0.534	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.514	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.324	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.559	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.413	<i>Alt. imoscapo</i>		0.092	
<i>D. inferior</i>		0.379	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.381	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.366	<i>Relación D2/D1</i>		0.961	
<i>D. superior</i>		0.342	<i>D. sumoscapo</i>		0.385	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.068	<i>Alt. Fuste</i>		3.048	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.238	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.253	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/b943be4e5c734422a19c8c848f7f1cca>

	Denominación		UC17 – EL2			
	Cimacio					
	Altura		0.14	L. máx. S-N		0.703
	L. min. S-N		0.452	L. máx. E-O		0.63
	L. min. E-O		0.462	Estilo	Liso	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.475	Estilo	Corintizante		
D. inferior		0.362	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.45	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.421	Alt. imoscapo		0.05	
D. inferior		0.362	D. 1 metro fuste		0.366	
D. 2 metros fuste		0.36	Relación D2/D1		0.984	
D. superior		0.335	D. sumoscapo		0.365	
Alt. Sumoscapo		0.064	Alt. Fuste		3	
Relación Alt/D2		8.333	Completa		☒	
Agujeros	☒	Cota agujeros		1.03		
Desviación ángulo N-S		1.37	Desviación ángulo E-O		0.45	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.16	Altura Plinto		-	D. máx.	0.599
D. min.	0.473	D. Toro sup.		0.505	Anchura	0.593
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/fb52e0dd266040689814c13b02408122>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.193	<i>L. máx. S-N</i>		0.725
	<i>L. min. S-N</i>		0.568	<i>L. máx. E-O</i>		0.72
	<i>L. min. E-O</i>		0.594	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.342	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.35	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.52	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.435	<i>Alt. imoscapo</i>		0.047	
<i>D. inferior</i>		0.386	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.374	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.36	<i>Relación D2/D1</i>		0.963	
<i>D. superior</i>		0.344	<i>D. sumoscapo</i>		0.369	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.062	<i>Alt. Fuste</i>		3.13	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.697	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.29	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.22	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.177	<i>Altura Plinto</i>	0.035	<i>D. máx.</i>	0.588	
<i>D. min.</i>	0.477	<i>D. Toro sup.</i>	0.477	<i>Anchura</i>	0.576	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d855eac7faa84bfda43cae947c752ebe>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.113	<i>L. máx. S-N</i>		0.664
	<i>L. min. S-N</i>		0.571	<i>L. máx. E-O</i>		0.638
	<i>L. min. E-O</i>		0.55	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.522	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.336	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.593	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.417	<i>Alt. imoscapo</i>		0.042	
<i>D. inferior</i>		0.392	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.382	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.359	<i>Relación D2/D1</i>		0.94	
<i>D. superior</i>		0.337	<i>D. sumoscapo</i>		0.365	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.072	<i>Alt. Fuste</i>		2.999	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.354	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.807	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.432	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.214	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.562
<i>D. min.</i>	0.452	<i>D. Toro sup.</i>		0.476	<i>Anchura</i>	0.63
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/3a874dfb4e36430abc6e800001192b91>

	Denominación		UC17 – EL5			
	Cimacio					
	Altura		0.181	L. máx. S-N		0.64
	L. min. S-N		0.559	L. máx. E-O		0.646
	L. min. E-O		0.553	Estilo	Decorado	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.441	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.321	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.53	Época	Adrianea		
Fuste						
D. imoscapo		0.413	Alt. imoscapo		0.069	
D. inferior		0.382	D. 1 metro fuste		0.38	
D. 2 metros fuste		0.379	Relación D2/D1		0.997	
D. superior		0.352	D. sumoscapo		0.376	
Alt. Sumoscapo		0.068	Alt. Fuste		3.02	
Relación Alt/D2		7.968	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	0.73 – 1.07 – 1.1			
Desviación ángulo N-S		1.06	Desviación ángulo E-O		-1.97	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.242	Altura Plinto		0.087	D. máx.	0.546
D. min.	0.424	D. Toro sup.		0.448	Anchura	0.578
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/0da014b9b9bd4ba2abdeff372ecec054f>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.144	<i>L. máx. S-N</i>		0.648
	<i>L. min. S-N</i>		0.466	<i>L. máx. E-O</i>		0.672
	<i>L. min. E-O</i>		0.56	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.368	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.342	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.584	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.411	<i>Alt. imoscapo</i>		0.048	
<i>D. inferior</i>		0.363	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.373	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.358	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.334	<i>D. sumoscapo</i>		0.359	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.077	<i>Alt. Fuste</i>		2.963	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.277	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.06 – 1.07			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.741	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-2.01	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.207	<i>Altura Plinto</i>	0.073	<i>D. máx.</i>	0.552	
<i>D. min.</i>	0.431	<i>D. Toro sup.</i>	0.448	<i>Anchura</i>	0.56	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c5b698fd6ff54c4bb71b4a7f7f7f43e8>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.244	<i>L. máx. S-N</i>		0.67
	<i>L. min. S-N</i>		0.462	<i>L. máx. E-O</i>		0.653
	<i>L. min. E-O</i>		0.457	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.376	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.331	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.512	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.432	<i>Alt. imoscapo</i>		0.035	
<i>D. inferior</i>		0.384	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.375	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.354	<i>Relación D2/D1</i>		0.944	
<i>D. superior</i>		0.336	<i>D. sumoscapo</i>		0.365	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.075	<i>Alt. Fuste</i>		3.01	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.503	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.175	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-2.277	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.254	<i>Altura Plinto</i>		0.08	<i>D. máx.</i>	0.593
<i>D. min.</i>	0.466	<i>D. Toro sup.</i>		0.511	<i>Anchura</i>	0.611
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/2db10a71034a4942882f11a3f8a89787>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.153	<i>L. máx. S-N</i>		0.663
	<i>L. min. S-N</i>		0.47	<i>L. máx. E-O</i>		0.615
	<i>L. min. E-O</i>		0.394	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.462	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.322	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.594	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.405	<i>Alt. imoscapo</i>		0.041	
<i>D. inferior</i>		0.369	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.376	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.353	<i>Relación D2/D1</i>		0.939	
<i>D. superior</i>		0.339	<i>D. sumoscapo</i>		0.369	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.079	<i>Alt. Fuste</i>		2.978	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.436	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.07 – 1.09			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.218	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.179	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.212	<i>Altura Plinto</i>	0.067	<i>D. máx.</i>	0.559	
<i>D. min.</i>	0.427	<i>D. Toro sup.</i>	0.453	<i>Anchura</i>	0.564	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	III d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/856daf20c6974fa893d0c108c6c50717>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.216	<i>L. máx. S-N</i>		0.611
	<i>L. min. S-N</i>		0.565	<i>L. máx. E-O</i>		0.616
	<i>L. min. E-O</i>		0.554	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.434	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.331	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.554	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.416	<i>Alt. imoscapo</i>		0.038	
<i>D. inferior</i>		0.374	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.373	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.355	<i>Relación D2/D1</i>		0.952	
<i>D. superior</i>		0.332	<i>D. sumoscapo</i>		0.367	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.077	<i>Alt. Fuste</i>		2.977	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.386	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	0.7 – 1.05 – 1.08 – 1.32 – 1.87 – 1.9			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.135	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.68	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.207	<i>Altura Plinto</i>	0.068	<i>D. máx.</i>	0.554	
<i>D. min.</i>	0.438	<i>D. Toro sup.</i>	0.453	<i>Anchura</i>	0.556	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/76afd558e2bb47d2ae8b075f9def435a>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.184	<i>L. máx. S-N</i>		0.702
	<i>L. min. S-N</i>		0.457	<i>L. máx. E-O</i>		0.553
	<i>L. min. E-O</i>		0.423	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.467	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.356	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.581	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.418	<i>Alt. imoscapo</i>		0.035	
<i>D. inferior</i>		0.361	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.373	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.358	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.331	<i>D. sumoscapo</i>		0.38	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.082	<i>Alt. Fuste</i>		2.92	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.16	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.685	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.46	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.182	<i>Altura Plinto</i>	0.047	<i>D. máx.</i>	0.553	
<i>D. min.</i>	0.425	<i>D. Toro sup.</i>	0.435	<i>Anchura</i>	0.582	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/831be4d95e13414aa572238b7ff0d56a>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.127	<i>L. máx. S-N</i>		0.7
	<i>L. min. S-N</i>		0.514	<i>L. máx. E-O</i>		0.61
	<i>L. min. E-O</i>		0.467	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.461	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.34	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.562	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.402	<i>Alt. imoscapo</i>		0.055	
<i>D. inferior</i>		0.373	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.375	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.363	<i>Relación D2/D1</i>		0.968	
<i>D. superior</i>		0.343	<i>D. sumoscapo</i>		0.36	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.061	<i>Alt. Fuste</i>		3.095	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.526	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.418	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.921	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.255	<i>Altura Plinto</i>	0.086	<i>D. máx.</i>	0.598	
<i>D. min.</i>	0.446	<i>D. Toro sup.</i>	0.474	<i>Anchura</i>	0.612	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/aaa1a3e298304abfb4564bff6aa45458>

	<i>Denominación</i>		UC17 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.168	<i>L. máx. S-N</i>		0.623
	<i>L. min. S-N</i>		0.507	<i>L. máx. E-O</i>		0.618
	<i>L. min. E-O</i>		0.501	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.463	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.34	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.567	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.403	<i>Alt. imoscapo</i>		0.046	
<i>D. inferior</i>		0.373	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.373	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.358	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.328	<i>D. sumoscapo</i>		0.358	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.064	<i>Alt. Fuste</i>		2.975	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.31	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.662	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	0.192	<i>Altura Plinto</i>	0.046	<i>D. máx.</i>	0.574	
<i>D. min.</i>	0.435	<i>D. Toro sup.</i>	0.454	<i>Anchura</i>	0.601	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a34fd8a25f7446a583db8630f7908922>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.2	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.638
	<i>L. min. E-O</i>		0.53	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.484	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.367	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.522	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.456	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.47	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.46	<i>Relación D2/D1</i>		0.979	
<i>D. superior</i>		0.402	<i>D. sumoscapo</i>		0.43	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.083	<i>Alt. Fuste</i>		3.41	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.413	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.35	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.262	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f0004bccc5c14ea4910e3b4d6bfeacdc>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.147	<i>L. máx. S-N</i>		0.629
	<i>L. min. S-N</i>		0.548	<i>L. máx. E-O</i>		0.683
	<i>L. min. E-O</i>		0.54	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.456	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.354	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.548	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.432	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.42	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.402	<i>Relación D2/D1</i>		0.957	
<i>D. superior</i>		0.363	<i>D. sumoscapo</i>		0.394	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.098	<i>Alt. Fuste</i>		3.21	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.985	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.871	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.328	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/351878f1d4ac4762954ab86e0ff7a59d>

	Denominación		UC18 – EL3			
	Cimacio					
	Altura		0.28	L. máx. S-N		0.654
	L. min. S-N		0.446	L. máx. E-O		0.552
	L. min. E-O		0.42	Estilo	Liso	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.482	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.346	Material	Caliza		
Anchura superior		0.484	Época	Tardoantigua		
Fuste						
D. imoscapo		0.422	Alt. imoscapo		0.054	
D. inferior		0.407	D. 1 metro fuste		0.414	
D. 2 metros fuste		0.397	Relación D2/D1		0.959	
D. superior		0.368	D. sumoscapo		0.414	
Alt. Sumoscapo		0.107	Alt. Fuste		3.267	
Relación Alt/D2		8.229	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	0.82 – 1.13			
Desviación ángulo N-S		1.57	Desviación ángulo E-O		0.491	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.178	Altura Plinto	-	D. máx.	0.61	
D. min.	0.465	D. Toro sup.	0.5	Anchura	0.598	
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco	Época	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/5bf891f7efdc4c098244b10e10896019>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.187	<i>L. máx. S-N</i>		0.68
	<i>L. min. S-N</i>		0.432	<i>L. máx. E-O</i>		0.555
	<i>L. min. E-O</i>		0.451	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.56	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.375	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.655	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.44	<i>Alt. imoscapo</i>		0.061	
<i>D. inferior</i>		0.43	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.43	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.408	<i>Relación D2/D1</i>		0.949	
<i>D. superior</i>		0.375	<i>D. sumoscapo</i>		0.43	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.107	<i>Alt. Fuste</i>		3.237	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.934	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.283	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.59	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.164	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.564
<i>D. min.</i>	0.462	<i>D. Toro sup.</i>		0.485	<i>Anchura</i>	0.568
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/70aeb6ffac1e4abcab93daf688eb4a04>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.181	<i>L. máx. S-N</i>		0.656
	<i>L. min. S-N</i>		0.475	<i>L. máx. E-O</i>		0.575
	<i>L. min. E-O</i>		0.456	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.381	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.353	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.453	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.428	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.406	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.395	<i>Relación D2/D1</i>		0.973	
<i>D. superior</i>		0.365	<i>D. sumoscapo</i>		0.407	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.088	<i>Alt. Fuste</i>		3.318	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.4	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.8			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.142	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.21	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.283	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.659	
<i>D. min.</i>	0.531	<i>D. Toro sup.</i>	0.539	<i>Anchura</i>	0.649	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c676da519054414d87345c2544eea53f>

	Denominación		UC18 – EL6			
	Cimacio					
	Altura		0.239	L. máx. S-N		0.598
	L. min. S-N		0.513	L. máx. E-O		0.572
	L. min. E-O		0.469	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.53	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.354	Material	Caliza		
Anchura superior		0.534	Época	Tardoantigua		
Fuste						
D. imoscapo		0.304	Alt. imoscapo		0.031	
D. inferior		0.369	D. 1 metro fuste		0.37	
D. 2 metros fuste		0.36	Relación D2/D1		0.973	
D. superior		0.33	D. sumoscapo		0.367	
Alt. Sumoscapo		0.06	Alt. Fuste		2.993	
Relación Alt/D2		8.314	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros		1.34 – 1.37 – 1.41 – 1.55 – 1.57 – 2.48		
Desviación ángulo N-S		1.499	Desviación ángulo E-O		-1.052	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.245	Altura Plinto		0.078	D. máx. 0.578	
D. min.	0.462	D. Toro sup.		0.478	Anchura 0.613	
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/39b219ef2f8d41d9b02686ee8bf05292>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.158	<i>L. máx. S-N</i>		0.589
	<i>L. min. S-N</i>		0.547	<i>L. máx. E-O</i>		0.626
	<i>L. min. E-O</i>		0.572	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.477	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.36	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.574	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.446	<i>Alt. imoscapo</i>		0.517	
<i>D. inferior</i>		0.404	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.407	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.399	<i>Relación D2/D1</i>		0.98	
<i>D. superior</i>		0.362	<i>D. sumoscapo</i>		0.361	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.095	<i>Alt. Fuste</i>		3.343	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.378	<i>Completa</i>		☒	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.351	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.494	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.19	<i>Altura Plinto</i>	0.041	<i>D. máx.</i>	0.573	
<i>D. min.</i>	0.45	<i>D. Toro sup.</i>	0.477	<i>Anchura</i>	0.612	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/578901192dab4b75bf7d9c39e3f7bc52>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.136	<i>L. máx. S-N</i>		0.588
	<i>L. min. S-N</i>		0.475	<i>L. máx. E-O</i>		0.418
	<i>L. min. E-O</i>		0.559	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.592	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.367	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.565	<i>Época</i>	Califal		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.434	<i>Alt. imoscapo</i>		0.048	
<i>D. inferior</i>		0.401	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.402	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.397	<i>Relación D2/D1</i>		0.988	
<i>D. superior</i>		0.369	<i>D. sumoscapo</i>		0.395	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.084	<i>Alt. Fuste</i>		3.295	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.3	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.641	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.714	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.14	<i>Altura Plinto</i>		0.03	<i>D. máx.</i>	0.536
<i>D. min.</i>	0.488	<i>D. Toro sup.</i>		0.487	<i>Anchura</i>	0.551
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	III d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/dcf4f603a1f44b95afc08113dff2f451>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.201	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.668
	<i>L. min. E-O</i>		0.637	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.501	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.389	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.618	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.436	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.43	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.417	<i>Relación D2/D1</i>		0.97	
<i>D. superior</i>		0.384	<i>D. sumoscapo</i>		0.412	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.089	<i>Alt. Fuste</i>		3.284	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.875	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.472	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.193	<i>Altura Plinto</i>		0.053	<i>D. máx.</i>	0.608
<i>D. min.</i>	0.498	<i>D. Toro sup.</i>		0.5	<i>Anchura</i>	0.63
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	III d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ee4bbbc149904110a8e645ecb76f25a2>

	Denominación		UC18 – EL10			
	Cimacio					
	Altura		0.256	L. máx. S-N		0.813
	L. min. S-N		0.508	L. máx. E-O		-
	L. min. E-O		-	Estilo	Liso	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.517	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.351	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.581	Época	Tardoantigua		
Fuste						
D. imoscapo		-	Alt. imoscapo		-	
D. inferior		0.493	D. 1 metro fuste		0.478	
D. 2 metros fuste		0.455	Relación D2/D1		0.952	
D. superior		0.389	D. sumoscapo		0.432	
Alt. Sumoscapo		0.089	Alt. Fuste		3.837	
Relación Alt/D2		8.433	Completa		<input type="checkbox"/>	
Agujeros	<input type="checkbox"/>	Cota agujeros	-			
Desviación ángulo N-S		0.52	Desviación ángulo E-O		-	
Estilo	Liso	Material	Mármol de Estremoz	Época	Imperial	
Basa						
Altura	-	Altura Plinto		-	D. máx.	-
D. min.	-	D. Toro sup.		-	Anchura	-
Estilo	-	Material	-		Época	-
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/05985d4da455461f84c3b10863e1c56d>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.128	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.587
	<i>L. min. E-O</i>		0.462	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.427	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.33	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.536	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.42	<i>Alt. imoscapo</i>		0.06	
<i>D. inferior</i>		0.416	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.422	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.419	<i>Relación D2/D1</i>		0.993	
<i>D. superior</i>		0.38	<i>D. sumoscapo</i>		0.435	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.099	<i>Alt. Fuste</i>		3.552	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.477	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.76	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.259	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/abf95a694fd643fc80bdf72ebdadfeeb>

	Denominación		UC18 – EL12			
	Cimacio					
	Altura		0.094	L. máx. S-N		0.764
	L. min. S-N		0.647	L. máx. E-O		0.796
	L. min. E-O		0.636	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.498	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.403	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.628	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		0.456	Alt. imoscapo		0.081	
D. inferior		0.432	D. 1 metro fuste		0.439	
D. 2 metros fuste		0.427	Relación D2/D1		0.973	
D. superior		0.38	D. sumoscapo		0.431	
Alt. Sumoscapo		0.096	Alt. Fuste		3.377	
Relación Alt/D2		7.91	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	0.86 – 0.89 – 1.9 – 1.91			
Desviación ángulo N-S		0.936	Desviación ángulo E-O		0.396	
Estilo	Liso	Material	Mármol de Estremoz	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.172	Altura Plinto		-	D. máx.	0.674
D. min.	0.503	D. Toro sup.		0.538	Anchura	0.676
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/51745ceac0c74a4d93eb5afc34587bf9>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL13			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.13	<i>L. máx. S-N</i>		0.596
	<i>L. min. S-N</i>		0.503	<i>L. máx. E-O</i>		0.615
	<i>L. min. E-O</i>		0.445	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.496	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.338	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.53	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.433	<i>Alt. imoscapo</i>		0.046	
<i>D. inferior</i>		0.395	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.397	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.39	<i>Relación D2/D1</i>		0.982	
<i>D. superior</i>		0.372	<i>D. sumoscapo</i>		0.398	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.078	<i>Alt. Fuste</i>		3.265	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.372	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.13 – 1.93			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.317	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.248	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.166	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.564	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	0.494	<i>Anchura</i>	0.574	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/184d60d2c5564b13ab30ff8ea3909d9a>

	<i>Denominación</i>		UC18 – EL14			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.264	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.58
	<i>L. min. E-O</i>		0.54	<i>Estilo</i>	Cruciforme	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Califal	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.601	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.398	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.542	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/6e5e42fba7b14a3f8c30b75ab4ce225d>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.196	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.594
	<i>L. min. E-O</i>		0.496	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.477	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.385	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.498	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.476	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.461	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.449	<i>Relación D2/D1</i>		0.974	
<i>D. superior</i>		0.407	<i>D. sumoscapo</i>		0.461	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.127	<i>Alt. Fuste</i>		3.128	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.967	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/3fb8f199fc784ab58f35cde3b1426ae5>

	Denominación		UC19 – EL2			
	Cimacio					
	Altura		0.16	L. máx. S-N		0.718
	L. min. S-N		0.666	L. máx. E-O		0.646
	L. min. E-O		0.599	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.401	Estilo	Corintio de hojas lisas		
D. inferior		0.372	Material	Caliza		
Anchura superior		0.474	Época	Tardoantigua		
Fuste						
D. imoscapo		0.443	Alt. imoscapo		0.062	
D. inferior		0.419	D. 1 metro fuste		0.422	
D. 2 metros fuste		0.403	Relación D2/D1		0.955	
D. superior		0.377	D. sumoscapo		0.414	
Alt. Sumoscapo		0.081	Alt. Fuste		3.295	
Relación Alt/D2		8.176	Completa		☒	
Agujeros	☒	Cota agujeros	0.81 – 1.98			
Desviación ángulo N-S		1.487	Desviación ángulo E-O		-0.277	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.126	Altura Plinto		-	D. máx.	0.543
D. min.	0.466	D. Toro sup.		0.472	Anchura	0.538
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	III d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/9dbab1fc3d1347859cf834e01e1bc7e0>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.166	<i>L. máx. S-N</i>		0.632
	<i>L. min. S-N</i>		0.51	<i>L. máx. E-O</i>		0.596
	<i>L. min. E-O</i>		0.524	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.436	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.395	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.493	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.438	<i>Alt. imoscapo</i>		0.064	
<i>D. inferior</i>		0.426	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.427	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.41	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.374	<i>D. sumoscapo</i>		0.427	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.093	<i>Alt. Fuste</i>		3.298	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.044	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	0.77 – 0.79 – 1.73 – 1.77 – 2.15 – 2.44			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.834	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.551	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.171	<i>Altura Plinto</i>	0.043	<i>D. máx.</i>	0.528	
<i>D. min.</i>	0.456	<i>D. Toro sup.</i>	0.477	<i>Anchura</i>	0.591	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/55ddfde5465f418d89d9e3f6171f5a00>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.16	<i>L. máx. S-N</i>		0.694
	<i>L. min. S-N</i>		0.479	<i>L. máx. E-O</i>		0.531
	<i>L. min. E-O</i>		0.425	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.459	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.334	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.582	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.414	<i>Alt. imoscapo</i>		0.124	
<i>D. inferior</i>		0.403	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.41	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.397	<i>Relación D2/D1</i>		0.968	
<i>D. superior</i>		0.376	<i>D. sumoscapo</i>		0.417	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.116	<i>Alt. Fuste</i>		3.282	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.267	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.02			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.432	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.309	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.155	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.514	
<i>D. min.</i>	0.423	<i>D. Toro sup.</i>	0.443	<i>Anchura</i>	0.535	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/92c6ff82f5724c9299a50ef17b890f34>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.178	<i>L. máx. S-N</i>		0.638
	<i>L. min. S-N</i>		0.464	<i>L. máx. E-O</i>		0.482
	<i>L. min. E-O</i>		0.424	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.396	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.389	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.472	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.449	<i>Alt. imoscapo</i>		0.07	
<i>D. inferior</i>		0.436	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.43	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.404	<i>Relación D2/D1</i>		0.94	
<i>D. superior</i>		0.379	<i>D. sumoscapo</i>		0.401	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.076	<i>Alt. Fuste</i>		3.328	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.238	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.36			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.17	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.2	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.23	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.63	
<i>D. min.</i>	0.51	<i>D. Toro sup.</i>	0.553	<i>Anchura</i>	0.667	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d54b21d008a945a1add051d523a47ee3>

	Denominación		UC19 – EL6			
	Cimacio					
	Altura		0.159	L. máx. S-N		0.621
	L. min. S-N		0.534	L. máx. E-O		0.592
	L. min. E-O		0.504	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.627	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.366	Material	Caliza		
Anchura superior		0.562	Época	Tardoantigua		
Fuste						
D. imoscapo		0.429	Alt. imoscapo		0.036	
D. inferior		0.387	D. 1 metro fuste		0.373	
D. 2 metros fuste		0.365	Relación D2/D1		0.979	
D. superior		0.34	D. sumoscapo		0.382	
Alt. Sumoscapo		0.067	Alt. Fuste		3.037	
Relación Alt/D2		8.321	Completa		<input checked="" type="checkbox"/>	
Agujeros	<input checked="" type="checkbox"/>	Cota agujeros	1.04 – 1.04			
Desviación ángulo N-S		1.875	Desviación ángulo E-O		0.69	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.175	Altura Plinto		0.029	D. máx.	0.558
D. min.	0.488	D. Toro sup.		0.487	Anchura	0.555
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	III d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d6b29c6bbf4f4763878b6f0ae62333fd>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.198	<i>L. máx. S-N</i>		0.636
	<i>L. min. S-N</i>		0.537	<i>L. máx. E-O</i>		0.583
	<i>L. min. E-O</i>		0.486	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.498	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.357	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.584	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.448	<i>Alt. imoscapo</i>		0.048	
<i>D. inferior</i>		0.409	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.404	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.398	<i>Relación D2/D1</i>		0.985	
<i>D. superior</i>		0.363	<i>D. sumoscapo</i>		0.396	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.096	<i>Alt. Fuste</i>		3.325	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.354	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	2.05			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.032	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.836	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.161	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.632	
<i>D. min.</i>	0.52	<i>D. Toro sup.</i>	0.536	<i>Anchura</i>	0.652	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/6e2e2829e1374d27bf62a81f261c6ed6>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.168	<i>L. máx. S-N</i>		0.646
	<i>L. min. S-N</i>		0.571	<i>L. máx. E-O</i>		0.568
	<i>L. min. E-O</i>		0.531	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.522	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.382	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.523	<i>Época</i>	Califal		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.456	<i>Alt. imoscapo</i>		0.077	
<i>D. inferior</i>		0.425	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.418	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.406	<i>Relación D2/D1</i>		0.971	
<i>D. superior</i>		0.381	<i>D. sumoscapo</i>		0.411	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.081	<i>Alt. Fuste</i>		3.247	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.998	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	1.01			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.69	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.014	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.153	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.543	
<i>D. min.</i>	0.459	<i>D. Toro sup.</i>	0.464	<i>Anchura</i>	0.567	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/0059486ea45a45c8ad3b9249aa370cbc>

	Denominación		UC19 – EL9			
	Cimacio					
	Altura		0.176	L. máx. S-N		-
	L. min. S-N		-	L. máx. E-O		0.638
	L. min. E-O		0.593	Estilo	Moldurado	
	Material	Caliza		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.482	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.337	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.624	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		-	Alt. imoscapo		-	
D. inferior		0.429	D. 1 metro fuste		0.414	
D. 2 metros fuste		0.399	Relación D2/D1		0.964	
D. superior		0.383	D. sumoscapo		0.418	
Alt. Sumoscapo		0.088	Alt. Fuste		3.108	
Relación Alt/D2		7.789	Completa		<input type="checkbox"/>	
Agujeros	<input type="checkbox"/>	Cota agujeros	-			
Desviación ángulo N-S		-0.308	Desviación ángulo E-O		-1.199	
Estilo	Liso	Material	Lumachella	Época	Imperial	
Basa						
Altura	0.237	Altura Plinto		0.083	D. máx.	0.599
D. min.	0.488	D. Toro sup.		0.525	Anchura	0.594
Estilo	Ática Lisa	Material	Mármol Blanco		Época	I-II d.C.
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d7b796e5febb4afdaaa9bbd927ddfcaf>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.244	<i>L. máx. S-N</i>		0.796
	<i>L. min. S-N</i>		0.533	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.49	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.369	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.662	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.473	<i>Alt. imoscapo</i>		0.08	
<i>D. inferior</i>		0.454	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.428	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.427	<i>Relación D2/D1</i>		0.998	
<i>D. superior</i>		0.379	<i>D. sumoscapo</i>		0.408	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.073	<i>Alt. Fuste</i>		3.568	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.356	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.37	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.2	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.715
<i>D. min.</i>	0.507	<i>D. Toro sup.</i>		0.563	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d648c1bfef7d4a619e0aab01601ec0b3>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.237	<i>L. máx. S-N</i>		0.689
	<i>L. min. S-N</i>		0.532	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.468	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.392	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.6	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.44	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.445	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.435	<i>Relación D2/D1</i>		0.978	
<i>D. superior</i>		0.395	<i>D. sumoscapo</i>		0.435	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.09	<i>Alt. Fuste</i>		3.375	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.759	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.78	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Breccia Amarilla	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/925b8bef37f04c099d40c43296d0e270>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.17	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. mín. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.587
	<i>L. mín. E-O</i>		0.464	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.501	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.362	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.579	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.408	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.397	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.384	<i>Relación D2/D1</i>		0.967	
<i>D. superior</i>		0.364	<i>D. sumoscapo</i>		0.404	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.097	<i>Alt. Fuste</i>		3.13	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.154	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.714	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. mín.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/72cd545f8cff40e88b17d226211003a4>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL13			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.163	<i>L. máx. S-N</i>		0.724
	<i>L. min. S-N</i>		0.581	<i>L. máx. E-O</i>		0.784
	<i>L. min. E-O</i>		0.634	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.483	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.387	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.632	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.464	<i>Alt. imoscapo</i>		0.087	
<i>D. inferior</i>		0.434	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.439	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.423	<i>Relación D2/D1</i>		0.964	
<i>D. superior</i>		0.382	<i>D. sumoscapo</i>		0.4	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.057	<i>Alt. Fuste</i>		3.32	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.849	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.453	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.778	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.211	<i>Altura Plinto</i>	0.046	<i>D. máx.</i>	0.65	
<i>D. min.</i>	0.418	<i>D. Toro sup.</i>	0.495	<i>Anchura</i>	0.678	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a82fbfb42220471c89dd551a5dd5ec88>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL14			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.119	<i>L. máx. S-N</i>		0.769
	<i>L. min. S-N</i>		0.714	<i>L. máx. E-O</i>		0.808
	<i>L. min. E-O</i>		0.707	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.515	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.352	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.6	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.423	<i>Alt. imoscapo</i>		0.065	
<i>D. inferior</i>		0.409	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.426	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.423	<i>Relación D2/D1</i>		0.994	
<i>D. superior</i>		0.395	<i>D. sumoscapo</i>		0.435	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.116	<i>Alt. Fuste</i>		3.33	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.867	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.53	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.7	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.242	<i>Altura Plinto</i>		0.049	<i>D. máx.</i>	0.608
<i>D. min.</i>	0.425	<i>D. Toro sup.</i>		0.444	<i>Anchura</i>	0.633
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a0db34772b624daca4603659ace5c310>

	<i>Denominación</i>		UC19 – EL15			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.267	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.716
	<i>L. min. E-O</i>		0.506	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.506	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.335	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.518	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.389	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.37	<i>Relación D2/D1</i>		0.951	
<i>D. superior</i>		0.358	<i>D. sumoscapo</i>		0.368	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.058	<i>Alt. Fuste</i>		2.85	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.7	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/4488909e6b2d4c739b5c93940b70b6e9>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.227	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.734
	<i>L. min. E-O</i>		0.673	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.485	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.367	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.51	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.41	<i>Alt. imoscapo</i>		0.048	
<i>D. inferior</i>		0.376	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.37	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.352	<i>Relación D2/D1</i>		0.951	
<i>D. superior</i>		0.341	<i>D. sumoscapo</i>		0.366	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.06	<i>Alt. Fuste</i>		2.95	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.38	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		3.18	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.93	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.224	<i>Altura Plinto</i>		0.036	<i>D. máx.</i>	0.68
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.57	<i>Anchura</i>	0.685
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/d05f4f7a66784e159212e4b1c8adcc7f>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.144	<i>L. máx. S-N</i>		0.61
	<i>L. min. S-N</i>		0.431	<i>L. máx. E-O</i>		0.62
	<i>L. min. E-O</i>		0.451	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.423	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.337	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.548	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.407	<i>Alt. imoscapo</i>		0.039	
<i>D. inferior</i>		0.38	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.37	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.369	<i>Relación D2/D1</i>		0.997	
<i>D. superior</i>		0.35	<i>D. sumoscapo</i>		0.369	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.063	<i>Alt. Fuste</i>		3.02	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.17	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		2.06	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.32	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.135	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.545	
<i>D. min.</i>	0.436	<i>D. Toro sup.</i>	0.43	<i>Anchura</i>	0.567	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/fbc1d6932fd94d07b115bd739d6d4e67>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.168	<i>L. máx. S-N</i>		0.682
	<i>L. min. S-N</i>		0.568	<i>L. máx. E-O</i>		0.745
	<i>L. min. E-O</i>		0.616	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.42	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.351	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.461	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.407	<i>Alt. imoscapo</i>		0.042	
<i>D. inferior</i>		0.364	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.363	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.348	<i>Relación D2/D1</i>		0.959	
<i>D. superior</i>		0.336	<i>D. sumoscapo</i>		0.362	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.069	<i>Alt. Fuste</i>		2.99	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.59	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		2.4	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.9	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.142	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.574
<i>D. min.</i>	0.465	<i>D. Toro sup.</i>		0.482	<i>Anchura</i>	0.593
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/abc7e5e7796a49e9ac0664e0c05b6e68>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.189	<i>L. máx. S-N</i>		0.593
	<i>L. min. S-N</i>		0.538	<i>L. máx. E-O</i>		0.718
	<i>L. min. E-O</i>		0.672	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.446	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.32	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.511	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.419	<i>Alt. imoscapo</i>		0.047	
<i>D. inferior</i>		0.37	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.367	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.352	<i>Relación D2/D1</i>		0.959	
<i>D. superior</i>		0.333	<i>D. sumoscapo</i>		0.392	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.093	<i>Alt. Fuste</i>		2.82	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.02	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.86	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.82	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.133	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.546
<i>D. min.</i>	0.433	<i>D. Toro sup.</i>		0.45	<i>Anchura</i>	0.542
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/50740e35e3bb4504bb662aa287dc30ce>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.146	<i>L. máx. S-N</i>		0.702
	<i>L. min. S-N</i>		0.478	<i>L. máx. E-O</i>		0.621
	<i>L. min. E-O</i>		0.444	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.49	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.327	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.552	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.396	<i>Alt. imoscapo</i>		0.063	
<i>D. inferior</i>		0.374	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.378	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.363	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.335	<i>D. sumoscapo</i>		0.36	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.068	<i>Alt. Fuste</i>		2.91	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.02	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.94	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.1	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.142	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.557
<i>D. min.</i>	0.418	<i>D. Toro sup.</i>		0.455	<i>Anchura</i>	0.548
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/8e23b0c075224b018e33da93876eaae7>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.218	<i>L. máx. S-N</i>		0.613
	<i>L. min. S-N</i>		0.459	<i>L. máx. E-O</i>		0.594
	<i>L. min. E-O</i>		0.411	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.38	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.302	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.544	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.427	<i>Alt. imoscapo</i>		0.045	
<i>D. inferior</i>		0.375	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.373	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.36	<i>Relación D2/D1</i>		0.965	
<i>D. superior</i>		0.341	<i>D. sumoscapo</i>		0.363	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.084	<i>Alt. Fuste</i>		3.08	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.556	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.43	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.14	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.166	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.572	
<i>D. min.</i>	0.482	<i>D. Toro sup.</i>	0.518	<i>Anchura</i>	0.596	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/4794b7d476084cfb963747f95c5cf961>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.219	<i>L. máx. S-N</i>		0.654
	<i>L. min. S-N</i>		0.517	<i>L. máx. E-O</i>		0.653
	<i>L. min. E-O</i>		0.547	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.467	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.346	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.503	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.437	<i>Alt. imoscapo</i>		0.045	
<i>D. inferior</i>		0.377	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.372	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.352	<i>Relación D2/D1</i>		0.946	
<i>D. superior</i>		0.327	<i>D. sumoscapo</i>		0.373	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.088	<i>Alt. Fuste</i>		2.93	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.324	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.56	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.2	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.198	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.649	
<i>D. min.</i>	0.464	<i>D. Toro sup.</i>	0.491	<i>Anchura</i>	0.661	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ce3c699fb46248efbd8706de67f4dbcf>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.175	<i>L. máx. S-N</i>		0.665
	<i>L. min. S-N</i>		0.44	<i>L. máx. E-O</i>		0.664
	<i>L. min. E-O</i>		0.426	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.478	<i>Estilo</i>	Compuesto de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.357	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.517	<i>Época</i>	Califal		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.401	<i>Alt. imoscapo</i>		0.052	
<i>D. inferior</i>		0.377	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.371	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.359	<i>Relación D2/D1</i>		0.968	
<i>D. superior</i>		0.334	<i>D. sumoscapo</i>		0.37	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.07	<i>Alt. Fuste</i>		2.966	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.262	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.67	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.26	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.142	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.553
<i>D. min.</i>	0.423	<i>D. Toro sup.</i>		0.437	<i>Anchura</i>	0.553
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/87460798569a4c25a810392698d14bbc>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.143	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.625
	<i>L. min. E-O</i>		0.46	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.422	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.31	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.527	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.414	<i>Alt. imoscapo</i>		0.053	
<i>D. inferior</i>		0.364	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.355	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.344	<i>Relación D2/D1</i>		0.969	
<i>D. superior</i>		0.343	<i>D. sumoscapo</i>		0.364	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.063	<i>Alt. Fuste</i>		2.963	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.613	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.65	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.54	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.178	<i>Altura Plinto</i>	0.028	<i>D. máx.</i>	0.579	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	0.461	<i>Anchura</i>	0.602	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	I-II d.C.	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/98b141c1808141b18123a18a05c4b255>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.213	<i>L. máx. S-N</i>		0.665
	<i>L. min. S-N</i>		0.41	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.467	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.363	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.564	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.472	<i>Alt. imoscapo</i>		0.053	
<i>D. inferior</i>		0.447	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.457	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.448	<i>Relación D2/D1</i>		0.98	
<i>D. superior</i>		0.365	<i>D. sumoscapo</i>		0.423	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.094	<i>Alt. Fuste</i>		3.4	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.589	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/b7aef5fd7a3c4397bf5e028a104637d9>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.273	<i>L. máx. S-N</i>		0.669
	<i>L. min. S-N</i>		0.535	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.495	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.382	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.528	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.434	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.435	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.409	<i>Relación D2/D1</i>		0.94	
<i>D. superior</i>		0.369	<i>D. sumoscapo</i>		0.401	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.077	<i>Alt. Fuste</i>		3.231	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.9	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/9ff3a4dd8c4043d895acb452c9a26a90>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.172	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.546
	<i>L. min. E-O</i>		0.396	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.418	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.304	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.51	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.366	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.354	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.316	<i>Relación D2/D1</i>		0.893	
<i>D. superior</i>		0.294	<i>D. sumoscapo</i>		0.294	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.075	<i>Alt. Fuste</i>		2.72	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.608	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.24	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.98	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ab3fb449ec904b848b9e390bf3fd0018>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL13			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.19	<i>L. máx. S-N</i>		0.794
	<i>L. min. S-N</i>		0.568	<i>L. máx. E-O</i>		0.608
	<i>L. min. E-O</i>		0.517	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.428	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.335	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.559	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.431	<i>Alt. imoscapo</i>		0.054	
<i>D. inferior</i>		0.388	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.39	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.38	<i>Relación D2/D1</i>		0.974	
<i>D. superior</i>		0.347	<i>D. sumoscapo</i>		0.358	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.067	<i>Alt. Fuste</i>		2.997	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.887	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.53	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.1	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.212	<i>Altura Plinto</i>		0.068	<i>D. máx.</i>	0.527
<i>D. min.</i>	0.429	<i>D. Toro sup.</i>		0.457	<i>Anchura</i>	0.537
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/5e87f9bea3be4030a4fd498dae41c00b>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL14			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.161	<i>L. máx. S-N</i>		0.628
	<i>L. min. S-N</i>		0.528	<i>L. máx. E-O</i>		0.622
	<i>L. min. E-O</i>		0.51	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.421	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.34	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.557	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.435	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.421	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.404	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.373	<i>D. sumoscapo</i>		0.404	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.091	<i>Alt. Fuste</i>		2.998	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.421	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.11	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.37	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	0.278	<i>Altura Plinto</i>		0.097	<i>D. máx.</i>	0.592
<i>D. min.</i>	0.458	<i>D. Toro sup.</i>		0.51	<i>Anchura</i>	0.605
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/91e16256f0f849dda71d7a157d5d0f16>

	<i>Denominación</i>		UC20 – EL15			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.174	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.63
	<i>L. min. E-O</i>		0.452	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.458	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.383	<i>Material</i>	-		
<i>Anchura superior</i>		0.525	<i>Época</i>	Emiral		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		0.123	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.422	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.399	<i>Relación D2/D1</i>		0.945	
<i>D. superior</i>		0.348	<i>D. sumoscapo</i>		0.405	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.091	<i>Alt. Fuste</i>		2.88	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.218	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito de la Tróade	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f1e24c76b6954d82ac5dba794fa44d48>


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.115	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.565
	<i>L. min. E-O</i>		0.477	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.461	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.352	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.568	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.337	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.339	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.313	<i>Relación D2/D1</i>		0.923	
<i>D. superior</i>		0.295	<i>D. sumoscapo</i>		0.345	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.097	<i>Alt. Fuste</i>		2.758	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.812	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		3.44	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.47	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.146	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.507	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	0.442	<i>Anchura</i>	0.541	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/122279acdf454579a9f20ec9b826154b>


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.15	<i>L. máx. S-N</i>		0.71
	<i>L. min. S-N</i>		0.547	<i>L. máx. E-O</i>		0.616
	<i>L. min. E-O</i>		0.535	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.512	<i>Estilo</i>	Corintio asiático		
<i>D. inferior</i>		0.406	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.576	<i>Época</i>	Severiana		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.424	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.427	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.405	<i>Relación D2/D1</i>		0.948	
<i>D. superior</i>		0.391	<i>D. sumoscapo</i>		0.441	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.091	<i>Alt. Fuste</i>		2.99	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.388	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.78	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.135	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.581
<i>D. min.</i>	0.48	<i>D. Toro sup.</i>		0.488	<i>Anchura</i>	0.589
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/5e34676c9eb54c71995c6c85c05e4b31>


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.215	<i>L. máx. S-N</i>		0.623
	<i>L. min. S-N</i>		0.517	<i>L. máx. E-O</i>		0.631
	<i>L. min. E-O</i>		0.465	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.383	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.35	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.44	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.407	<i>Alt. imoscapo</i>		0.049	
<i>D. inferior</i>		0.369	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.371	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.352	<i>Relación D2/D1</i>		0.949	
<i>D. superior</i>		0.336	<i>D. sumoscapo</i>		0.363	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.085	<i>Alt. Fuste</i>		2.954	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.39	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.49	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.51	
<i>Estilo</i>	Helicoidal izq - der	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.159	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.566
<i>D. min.</i>	0.428	<i>D. Toro sup.</i>		0.476	<i>Anchura</i>	0.555
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
<p>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</p> <p>https://sketchfab.com/models/2390d57982094c81941011c10ab1708d</p>						


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.159	<i>L. máx. S-N</i>		0.635
	<i>L. min. S-N</i>		0.442	<i>L. máx. E-O</i>		0.548
	<i>L. min. E-O</i>		0.443	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.43	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.355	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.586	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.467	<i>Alt. imoscapo</i>		0.072	
<i>D. inferior</i>		0.413	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.426	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.396	<i>Relación D2/D1</i>		0.93	
<i>D. superior</i>		0.356	<i>D. sumoscapo</i>		0.39	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.079	<i>Alt. Fuste</i>		2.943	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.432	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.48	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.37	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito de la Tróade	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.163	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.579	
<i>D. min.</i>	0.481	<i>D. Toro sup.</i>	0.496	<i>Anchura</i>	0.617	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/95de805f4fb64e53993d699f3abd638a>


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.195	<i>L. máx. S-N</i>		0.685
	<i>L. min. S-N</i>		0.461	<i>L. máx. E-O</i>		0.675
	<i>L. min. E-O</i>		0.45	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.375	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.381	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.433	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.406	<i>Alt. imoscapo</i>		0.066	
<i>D. inferior</i>		0.379	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.38	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.376	<i>Relación D2/D1</i>		0.989	
<i>D. superior</i>		0.376	<i>D. sumoscapo</i>		0.38	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.06	<i>Alt. Fuste</i>		3	
<i>Relación Alt/D2</i>		8	<i>Completa</i>		☒	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.21	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.21	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.167	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.546
<i>D. min.</i>	0.454	<i>D. Toro sup.</i>		0.452	<i>Anchura</i>	0.557
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/db20cdddf0444a189d6d04d992f9bcf>


	<i>Denominación</i>		UC21 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.218	<i>L. máx. S-N</i>		0.687
	<i>L. min. S-N</i>		0.544	<i>L. máx. E-O</i>		0.683
	<i>L. min. E-O</i>		0.53	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.39	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.307	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.515	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.416	<i>Alt. imoscapo</i>		0.04	
<i>D. inferior</i>		0.374	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.352	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.341	<i>Relación D2/D1</i>		0.969	
<i>D. superior</i>		0.337	<i>D. sumoscapo</i>		0.355	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.062	<i>Alt. Fuste</i>		3.045	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.93	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.29	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.25	
<i>Estilo</i>	Helicoidal der - izq	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.148	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.528	
<i>D. min.</i>	0.434	<i>D. Toro sup.</i>	0.443	<i>Anchura</i>	0.557	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
<p>Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.</p> <p>https://sketchfab.com/models/6262d223debf4d98820ac15887539db0</p>						

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.22	<i>L. máx. S-N</i>		0.578
	<i>L. min. S-N</i>		0.473	<i>L. máx. E-O</i>		0.623
	<i>L. min. E-O</i>		0.456	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.396	<i>Estilo</i>	Corintio de hojas lisas		
<i>D. inferior</i>		0.346	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.44	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.436	<i>Alt. imoscapo</i>		0.04	
<i>D. inferior</i>		0.379	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.378	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.368	<i>Relación D2/D1</i>		0.974	
<i>D. superior</i>		0.345	<i>D. sumoscapo</i>		0.372	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.079	<i>Alt. Fuste</i>		2.877	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.818	<i>Completa</i>		☒	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.08	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.27	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.197	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.525	
<i>D. min.</i>	0.436	<i>D. Toro sup.</i>	0.471	<i>Anchura</i>	0.533	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/5415c9e0bdf14d15b1e56c3aaaa2bab2>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.217	<i>L. máx. S-N</i>		0.65
	<i>L. min. S-N</i>		0.572	<i>L. máx. E-O</i>		0.691
	<i>L. min. E-O</i>		0.558	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.428	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.34	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.512	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.419	<i>Alt. imoscapo</i>		0.053	
<i>D. inferior</i>		0.388	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.385	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.384	<i>Relación D2/D1</i>		0.997	
<i>D. superior</i>		0.48	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		3	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.81	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.98	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.35	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Oscura	<i>Época</i>	Romana	
Basa						
<i>Altura</i>	0.167	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.523
<i>D. min.</i>	0.436	<i>D. Toro sup.</i>		0.472	<i>Anchura</i>	0.518
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/184bd4a665654cdcac040faedb72842c>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.198	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.686
	<i>L. min. E-O</i>		0.508	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.446	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.333	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.526	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.425	<i>Alt. imoscapo</i>		0.063	
<i>D. inferior</i>		0.371	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.365	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.347	<i>Relación D2/D1</i>		0.951	
<i>D. superior</i>		0.317	<i>D. sumoscapo</i>		0.336	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.06	<i>Alt. Fuste</i>		3	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.663	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.82	
<i>Estilo</i>	Acanalado	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.167	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.546
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.458	<i>Anchura</i>	0.55
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/51c40f4000e24ba495424a47e75cf74a>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.233	<i>L. máx. S-N</i>		0.736
	<i>L. min. S-N</i>		0.548	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Cruciforme	
	<i>Material</i>	Caliza Negra		<i>Época</i>	Califal	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.494	<i>Estilo</i>	Compuesto		
<i>D. inferior</i>		0.348	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.575	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.422	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.421	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.404	<i>Relación D2/D1</i>		0.96	
<i>D. superior</i>		0.38	<i>D. sumoscapo</i>		0.409	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.08	<i>Alt. Fuste</i>		3.28	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.12	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/cd48be575c0740289dd5e8c81f79a644>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.239	<i>L. máx. S-N</i>		0.703
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.463	<i>Estilo</i>	Compuesto		
<i>D. inferior</i>		-	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.678	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/71366a74e2fc4a35bf2a114496634ee1>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		-	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	-	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.48	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.459	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.615	<i>Época</i>	XVI		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.499	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.488	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.473	<i>Relación D2/D1</i>		0.969	
<i>D. superior</i>		0.459	<i>D. sumoscapo</i>		0.538	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.113	<i>Alt. Fuste</i>		3.322	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.02	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Sardo	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/71366a74e2fc4a35bf2a114496634ee1>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL13			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.194	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.559
	<i>L. min. E-O</i>		0.434	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.368	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.367	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.429	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.378	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.377	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.349	<i>Relación D2/D1</i>		0.926	
<i>D. superior</i>		0.332	<i>D. sumoscapo</i>		0.357	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.066	<i>Alt. Fuste</i>		2.81	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.052	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-1	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.84	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/fe6d131d0dd546d9b4ae172af6aa0273>

	Denominación		UC21 – EL14			
	Cimacio					
	Altura		0.172	L. máx. S-N		0.675
	L. min. S-N		0.481	L. máx. E-O		0.588
	L. min. E-O		0.465	Estilo	Liso	
	Material	Mármol Blanco		Época	Tardoantigua	
Capitel						
Altura		0.395	Estilo	Corintio		
D. inferior		0.36	Material	Mármol Blanco		
Anchura superior		0.566	Época	Julio-Claudia		
Fuste						
D. imoscapo		-	Alt. imoscapo		-	
D. inferior		0.402	D. 1 metro fuste		0.393	
D. 2 metros fuste		0.373	Relación D2/D1		0.949	
D. superior		0.368	D. sumoscapo		0.4	
Alt. Sumoscapo		0.106	Alt. Fuste		2.768	
Relación Alt/D2		7.421	Completa		<input type="checkbox"/>	
Agujeros	<input type="checkbox"/>	Cota agujeros	-			
Desviación ángulo N-S		-0.15	Desviación ángulo E-O		-0.32	
Estilo	Liso	Material	Breccia Corallina	Época	Imperial	
Basa						
Altura	-	Altura Plinto		-	D. máx.	-
D. min.	-	D. Toro sup.		-	Anchura	-
Estilo	-	Material	-		Época	-
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/f3e8eca8ef5043449600a02cafb2cfbe>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL15			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.145	<i>L. máx. S-N</i>		0.68
	<i>L. min. S-N</i>		0.56	<i>L. máx. E-O</i>		0.65
	<i>L. min. E-O</i>		0.554	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.382	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.351	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.566	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.363	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.386	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.369	<i>Relación D2/D1</i>		0.956	
<i>D. superior</i>		0.341	<i>D. sumoscapo</i>		0.367	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.06	<i>Alt. Fuste</i>		2.884	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.82	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.18	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.28	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/a4cf77ac3d7446fc9ef3e1dc66865321>

	<i>Denominación</i>		UC21 – EL16			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.182	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.629
	<i>L. min. E-O</i>		0.509	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.462	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.323	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.498	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		0.07	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.382	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.365	<i>Relación D2/D1</i>		0.955	
<i>D. superior</i>		0.48	<i>D. sumoscapo</i>		0.366	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.06	<i>Alt. Fuste</i>		2.767	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.58	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.449
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.405	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Califal	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/338cd9b5e01e41c6bef9664dd869cf68>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.167	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.606
	<i>L. min. E-O</i>		0.55	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.481	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.356	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.611	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.413	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.414	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.389	<i>Relación D2/D1</i>		0.94	
<i>D. superior</i>		0.357	<i>D. sumoscapo</i>		0.383	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.081	<i>Alt. Fuste</i>		2.94	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.558	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		2.76	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.148	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.63
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.542	<i>Anchura</i>	0.694
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/964d3bbbed30d4ab589dee66fdea7b61d>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.238	<i>L. máx. S-N</i>		0.635
	<i>L. min. S-N</i>		0.576	<i>L. máx. E-O</i>		0.636
	<i>L. min. E-O</i>		0.55	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.438	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.306	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.52	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.376	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.379	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.372	<i>Relación D2/D1</i>		0.982	
<i>D. superior</i>		0.355	<i>D. sumoscapo</i>		0.392	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.093	<i>Alt. Fuste</i>		2.89	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.77	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.94	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.99	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.149	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.536
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.44	<i>Anchura</i>	0.602
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/9ea7b93684ff4b5dbd7c3ca3ec40007b>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.216	<i>L. máx. S-N</i>		0.657
	<i>L. min. S-N</i>		0.597	<i>L. máx. E-O</i>		0.647
	<i>L. min. E-O</i>		0.536	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.421	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.326	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.55	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.434	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.425	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.395	<i>Relación D2/D1</i>		0.929	
<i>D. superior</i>		0.359	<i>D. sumoscapo</i>		0.384	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.08	<i>Alt. Fuste</i>		2.97	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.52	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.87	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.45	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.175	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.537
<i>D. min.</i>	0.45	<i>D. Toro sup.</i>		0.477	<i>Anchura</i>	0.646
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/e9ac95c8f2fc4240973b08609ce2cea1>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.195	<i>L. máx. S-N</i>		0.775
	<i>L. min. S-N</i>		0.54	<i>L. máx. E-O</i>		0.768
	<i>L. min. E-O</i>		0.518	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.443	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.346	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.522	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.427	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.428	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.408	<i>Relación D2/D1</i>		0.953	
<i>D. superior</i>		0.39	<i>D. sumoscapo</i>		0.43	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.097	<i>Alt. Fuste</i>		3.05	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.475	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.26	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.558	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.175	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.588
<i>D. min.</i>	0.458	<i>D. Toro sup.</i>		0.486	<i>Anchura</i>	0.611
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/30fd6992dc884efcacb57b8fc4baeb63>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.219	<i>L. máx. S-N</i>		0.658
	<i>L. min. S-N</i>		0.586	<i>L. máx. E-O</i>		0.66
	<i>L. min. E-O</i>		0.542	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.412	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.388	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.548	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.402	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.417	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.406	<i>Relación D2/D1</i>		0.974	
<i>D. superior</i>		0.377	<i>D. sumoscapo</i>		0.408	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.086	<i>Alt. Fuste</i>		2.99	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.365	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.934	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0.515	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.146	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.54
<i>D. min.</i>	0.426	<i>D. Toro sup.</i>		0.459	<i>Anchura</i>	0.624
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/0eba0c74e1b24186bad0971fb9a70192>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.217	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.608
	<i>L. min. E-O</i>		0.48	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.422	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.303	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.53	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.389	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.398	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.368	<i>Relación D2/D1</i>		0.925	
<i>D. superior</i>		0.348	<i>D. sumoscapo</i>		0.379	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.082	<i>Alt. Fuste</i>		2.75	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.473	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.89	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.08	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.145	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.59
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.483	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/33a7e31eb8b0401f9bf8bf5eea1b4f8b>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		-	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	-	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-	
Capitel						
<i>Altura</i>		-	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		-	<i>Material</i>	-		
<i>Anchura superior</i>		-	<i>Época</i>	XVI		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.486	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.486	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.468	<i>Relación D2/D1</i>		0.963	
<i>D. superior</i>		0.457	<i>D. sumoscapo</i>		0.525	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.11	<i>Alt. Fuste</i>		3.24	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.923	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Sardo	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/68f81d4551f24fdf851cd23ef1d11ff2>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.246	<i>L. máx. S-N</i>		0.666
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		-	<i>Estilo</i>	Corintio asiático		
<i>D. inferior</i>		-	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		-	<i>Época</i>	Severiana		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Piedra y Ladrillo	<i>Época</i>	-	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/68f81d4551f24fdf851cd23ef1d11ff2>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.169	<i>L. máx. S-N</i>		0.692
	<i>L. min. S-N</i>		0.578	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.416	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.347	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.563	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.429	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.424	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.409	<i>Relación D2/D1</i>		0.965	
<i>D. superior</i>		0.392	<i>D. sumoscapo</i>		0.431	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.072	<i>Alt. Fuste</i>		3.14	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.677	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.234	<i>Altura Plinto</i>	0.05	<i>D. máx.</i>	0.477	
<i>D. min.</i>	0.42	<i>D. Toro sup.</i>	0.434	<i>Anchura</i>	0.498	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Tardoantigua	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/dee0e5d9a11646ebada006992bb6ef64>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.245	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.652
	<i>L. min. E-O</i>		0.6	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.494	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.354	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.542	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.346	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.367	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.345	<i>Relación D2/D1</i>		0.94	
<i>D. superior</i>		0.328	<i>D. sumoscapo</i>		0.355	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.065	<i>Alt. Fuste</i>		2.42	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.014	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.71	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.51	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c1dd5fe67bf44ad2903ea064bac69196>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.217	<i>L. máx. S-N</i>		0.74
	<i>L. min. S-N</i>		0.575	<i>L. máx. E-O</i>		0.75
	<i>L. min. E-O</i>		0.58	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.435	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.399	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.603	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.437	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.432	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.411	<i>Relación D2/D1</i>		0.951	
<i>D. superior</i>		0.402	<i>D. sumoscapo</i>		0.452	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.11	<i>Alt. Fuste</i>		2.66	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.472	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.411	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.125	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/ab63a43d9a044ad39a2d0aa65684bc1f>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.169	<i>L. máx. S-N</i>		0.664
	<i>L. min. S-N</i>		0.554	<i>L. máx. E-O</i>		0.666
	<i>L. min. E-O</i>		0.553	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.551	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.386	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.643	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.445	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.438	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.419	<i>Relación D2/D1</i>		0.957	
<i>D. superior</i>		0.415	<i>D. sumoscapo</i>		0.428	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.045	<i>Alt. Fuste</i>		2.53	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.038	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.214	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.457	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violácea	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/c8d254814700498cb6c8f3cdea90ac32>

	<i>Denominación</i>		UC22 – EL13			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		-	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		-	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		-	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		-	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Violeta-Verdoso	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/99cd40a716424d8f85d05d1982319823>


	<i>Denominación</i>		UC23 – EL1			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.304	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.696
	<i>L. min. E-O</i>		0.594	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza Gris		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.547	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.62	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.362	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.408	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.413	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.396	<i>Relación D2/D1</i>		0.959	
<i>D. superior</i>		0.372	<i>D. sumoscapo</i>		0.395	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.085	<i>Alt. Fuste</i>		2.42	
<i>Relación Alt/D2</i>		6.111	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.233	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.68
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.546	<i>Anchura</i>	0.697
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/ffa3900cc6cd45d5b1f20f7ccce17878>


	<i>Denominación</i>		UC23 – EL2			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.234	<i>L. máx. S-N</i>		0.753
	<i>L. min. S-N</i>		0.618	<i>L. máx. E-O</i>		0.574
	<i>L. min. E-O</i>		0.522	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.482	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.371	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.62	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.381	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.38	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.37	<i>Relación D2/D1</i>		0.974	
<i>D. superior</i>		0.348	<i>D. sumoscapo</i>		0.389	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.085	<i>Alt. Fuste</i>		2.943	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.954	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		2.25	<i>Desviación ángulo E-O</i>		1.55	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.14	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.538
<i>D. min.</i>	0.434	<i>D. Toro sup.</i>		0.465	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/99c8d9dde0564641a98f54b45044519a>


	<i>Denominación</i>		UC23 – EL3			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		-	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		-	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		-	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		-	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Helicoidal izq - der	<i>Material</i>	Mármol Nero Antico	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	-
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		-	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						
https://sketchfab.com/models/463d4a44c338474683468036896c9251						

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL4			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.167	<i>L. máx. S-N</i>		0.694
	<i>L. min. S-N</i>		0.561	<i>L. máx. E-O</i>		0.562
	<i>L. min. E-O</i>		0.55	<i>Estilo</i>	Decorado	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.436	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.326	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.536	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.348	<i>Alt. imoscapo</i>		0.049	
<i>D. inferior</i>		0.345	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.349	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.336	<i>Relación D2/D1</i>		0.963	
<i>D. superior</i>		0.31	<i>D. sumoscapo</i>		0.343	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.071	<i>Alt. Fuste</i>		2.974	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.851	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.7	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.13	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.533
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.433	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/202ca138e2634008b95c4ee4b42d3b90>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL5			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.188	<i>L. máx. S-N</i>		0.694
	<i>L. min. S-N</i>		0.565	<i>L. máx. E-O</i>		0.596
	<i>L. min. E-O</i>		0.498	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.481	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.366	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.63	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.36	<i>Alt. imoscapo</i>		0.054	
<i>D. inferior</i>		0.324	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.353	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.326	<i>Relación D2/D1</i>		0.924	
<i>D. superior</i>		0.31	<i>D. sumoscapo</i>		0.35	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.056	<i>Alt. Fuste</i>		2.588	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.94	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		1.3	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-1.91	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Granito Gris	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.21	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.513	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	0.395	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/51be5dfe4a0c450082c03e4ff03c969f>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL6			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.207	<i>L. máx. S-N</i>		0.745
	<i>L. min. S-N</i>		0.659	<i>L. máx. E-O</i>		0.78
	<i>L. min. E-O</i>		0.604	<i>Estilo</i>	-	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	-	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.37	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.326	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.459	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.368	<i>Alt. imoscapo</i>		0.041	
<i>D. inferior</i>		0.362	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.35	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.327	<i>Relación D2/D1</i>		0.934	
<i>D. superior</i>		0.31	<i>D. sumoscapo</i>		0.336	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.081	<i>Alt. Fuste</i>		2.656	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.122	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.37	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.56	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.171	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.44	
<i>D. min.</i>	0.391	<i>D. Toro sup.</i>	0.371	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/9c634726e8f4481a9d0ed3e7b3891651>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL7			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.162	<i>L. máx. S-N</i>		0.713
	<i>L. min. S-N</i>		0.435	<i>L. máx. E-O</i>		0.603
	<i>L. min. E-O</i>		0.5	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.343	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.373	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.546	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.451	<i>Alt. imoscapo</i>		0.352	
<i>D. inferior</i>		0.426	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.418	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.401	<i>Relación D2/D1</i>		0.959	
<i>D. superior</i>		0.391	<i>D. sumoscapo</i>		0.412	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.105	<i>Alt. Fuste</i>		3.06	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.631	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-0.56	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-0.35	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Caliza Negra	<i>Época</i>	Califal	
Basa						
<i>Altura</i>	0.21	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	0.626	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	0.544	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/2d4c5601d0bb4c89a9c16863d02c4ede>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL8			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.212	<i>L. máx. S-N</i>		0.724
	<i>L. min. S-N</i>		0.475	<i>L. máx. E-O</i>		0.607
	<i>L. min. E-O</i>		0.404	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.467	<i>Estilo</i>	Corintizante		
<i>D. inferior</i>		0.354	<i>Material</i>	Mármol Blanco		
<i>Anchura superior</i>		0.486	<i>Época</i>	Adrianea		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.367	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.374	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.36	<i>Relación D2/D1</i>		0.963	
<i>D. superior</i>		0.327	<i>D. sumoscapo</i>		0.368	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.075	<i>Alt. Fuste</i>		2.988	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.3	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		0.61	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.16	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.57
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.465	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/4b18bf417397487f926acb64fa51cacc>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL9			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.306	<i>L. máx. S-N</i>		-
	<i>L. min. S-N</i>		-	<i>L. máx. E-O</i>		0.601
	<i>L. min. E-O</i>		0.601	<i>Estilo</i>	Moldurado	
	<i>Material</i>	Caliza		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.456	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.292	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.576	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		0.319	<i>Alt. imoscapo</i>		0.046	
<i>D. inferior</i>		0.319	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.335	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.323	<i>Relación D2/D1</i>		0.964	
<i>D. superior</i>		0.3	<i>D. sumoscapo</i>		0.316	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.055	<i>Alt. Fuste</i>		2.72	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.421	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>		-		
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		0	
<i>Estilo</i>	Acanalado	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.13	<i>Altura Plinto</i>		-	<i>D. máx.</i>	0.51
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>		0.42	<i>Anchura</i>	-
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						


<https://sketchfab.com/models/fab545d374884053891c871031443729>

	<i>Denominación</i>		UC23 – EL10			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.165	<i>L. máx. S-N</i>		0.704
	<i>L. min. S-N</i>		0.538	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.425	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.383	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.588	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.413	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.427	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.422	<i>Relación D2/D1</i>		0.988	
<i>D. superior</i>		0.378	<i>D. sumoscapo</i>		0.403	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.074	<i>Alt. Fuste</i>		3.21	
<i>Relación Alt/D2</i>		7.607	<i>Completa</i>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol Azul-Verdoso	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	0.234	<i>Altura Plinto</i>	0.06	<i>D. máx.</i>	0.448	
<i>D. min.</i>	0.392	<i>D. Toro sup.</i>	0.413	<i>Anchura</i>	0.462	
<i>Estilo</i>	Ática Lisa	<i>Material</i>	Mármol Blanco	<i>Época</i>	Califal	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/dcca218cb4744f24a1e99a82bcf3e7dc>

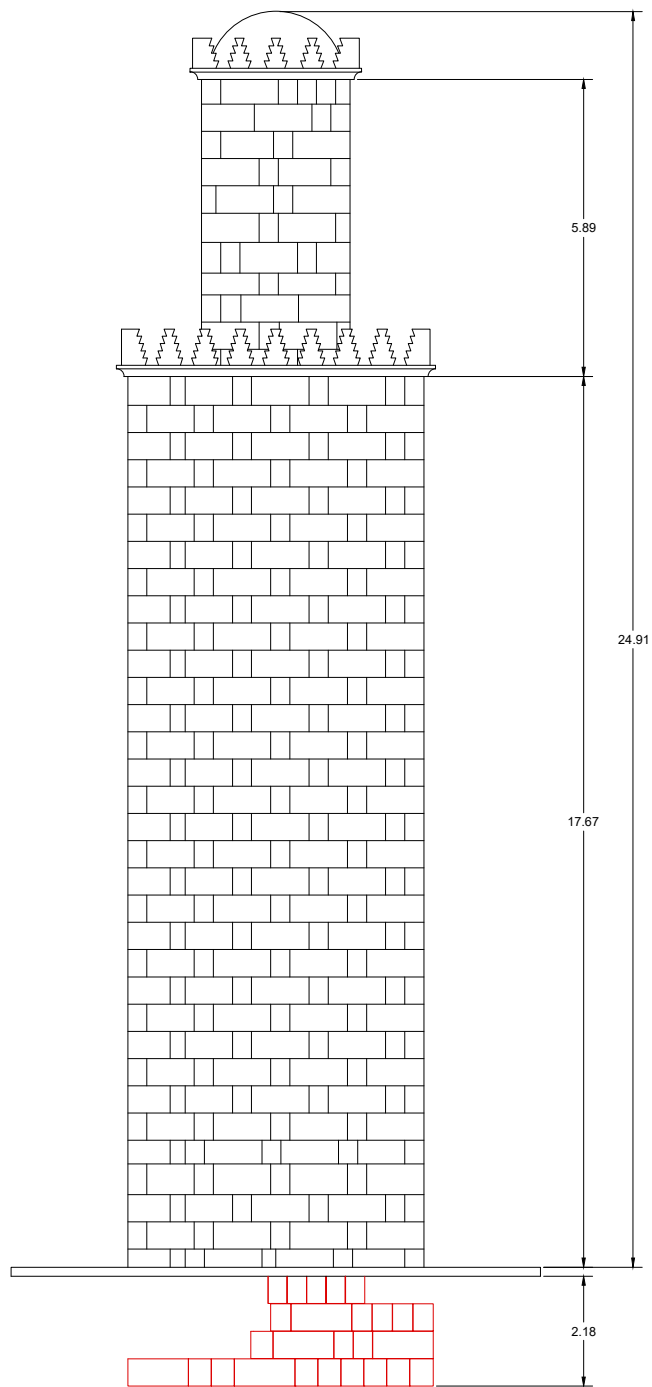
	<i>Denominación</i>		UC23 – EL11			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.152	<i>L. máx. S-N</i>		0.697
	<i>L. min. S-N</i>		0.572	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	-		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.461	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.335	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.494	<i>Época</i>	Tardoantigua		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		0.397	<i>D. 1 metro fuste</i>		0.42	
<i>D. 2 metros fuste</i>		0.418	<i>Relación D2/D1</i>		0.995	
<i>D. superior</i>		0.377	<i>D. sumoscapo</i>		0.438	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		0.082	<i>Alt. Fuste</i>		3.425	
<i>Relación Alt/D2</i>		8.194	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Mármol de Estremoz	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/6303e0434aa444538db2a367f5ff9104>

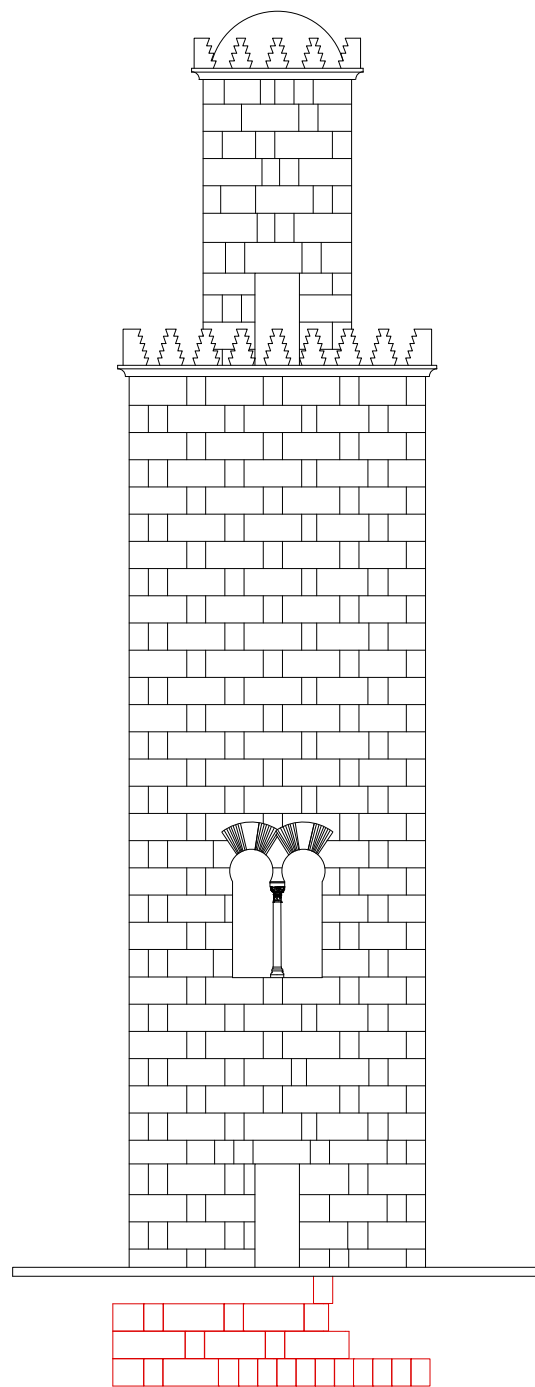
	<i>Denominación</i>		UC23 – EL12			
	Cimacio					
	<i>Altura</i>		0.179	<i>L. máx. S-N</i>		0.69
	<i>L. min. S-N</i>		0.494	<i>L. máx. E-O</i>		-
	<i>L. min. E-O</i>		-	<i>Estilo</i>	Liso	
	<i>Material</i>	Mármol Blanco		<i>Época</i>	Tardoantigua	
Capitel						
<i>Altura</i>		0.458	<i>Estilo</i>	Corintio		
<i>D. inferior</i>		0.366	<i>Material</i>	Caliza		
<i>Anchura superior</i>		0.551	<i>Época</i>	Julio-Claudia		
Fuste						
<i>D. imoscapo</i>		-	<i>Alt. imoscapo</i>		-	
<i>D. inferior</i>		-	<i>D. 1 metro fuste</i>		-	
<i>D. 2 metros fuste</i>		-	<i>Relación D2/D1</i>		-	
<i>D. superior</i>		-	<i>D. sumoscapo</i>		-	
<i>Alt. Sumoscapo</i>		-	<i>Alt. Fuste</i>		-	
<i>Relación Alt/D2</i>		-	<i>Completa</i>		<input type="checkbox"/>	
<i>Agujeros</i>	<input type="checkbox"/>	<i>Cota agujeros</i>	-			
<i>Desviación ángulo N-S</i>		-	<i>Desviación ángulo E-O</i>		-	
<i>Estilo</i>	Liso	<i>Material</i>	Lumachella	<i>Época</i>	Imperial	
Basa						
<i>Altura</i>	-	<i>Altura Plinto</i>	-	<i>D. máx.</i>	-	
<i>D. min.</i>	-	<i>D. Toro sup.</i>	-	<i>Anchura</i>	-	
<i>Estilo</i>	-	<i>Material</i>	-	<i>Época</i>	-	
Medidas en metros y ángulos en grados sexagesimales.						

<https://sketchfab.com/models/6303e0434aa444538db2a367f5ff9104>

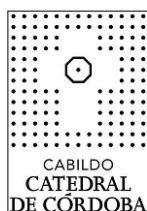
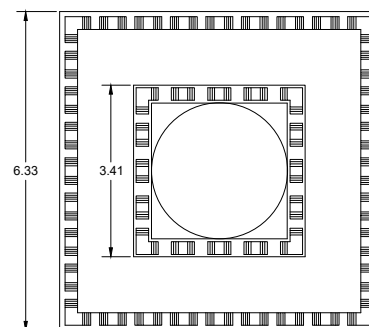
ANEXO II. PLANIMETRÍA DEL ALMINAR DE HISHĀM I.



ESTE

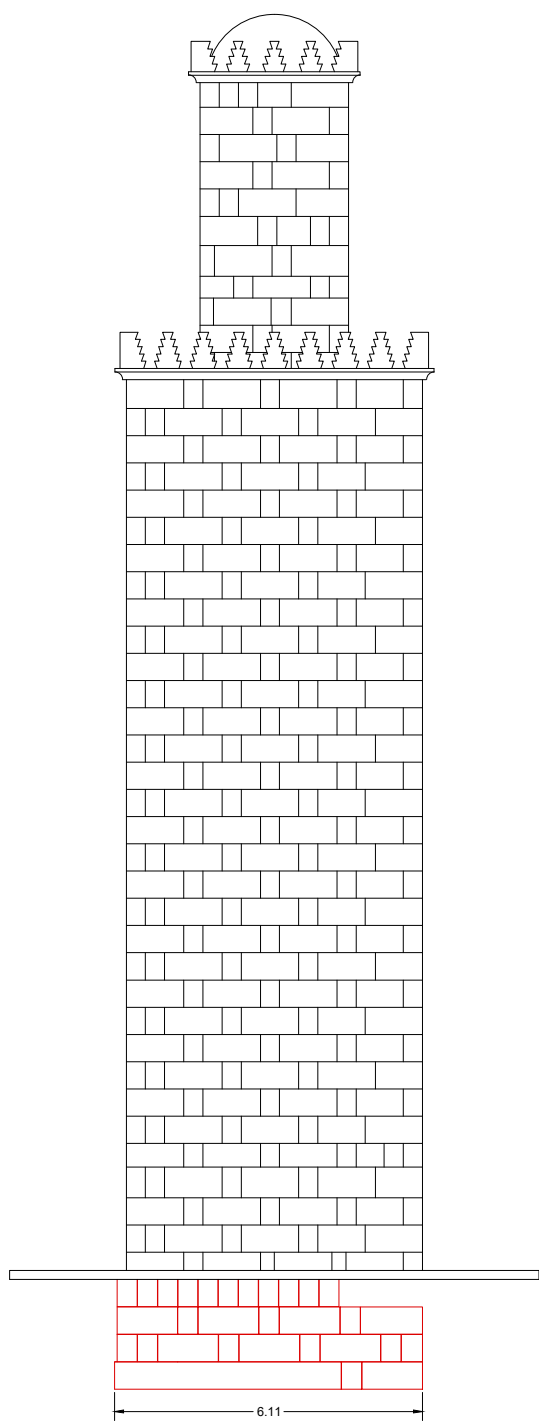


SUR

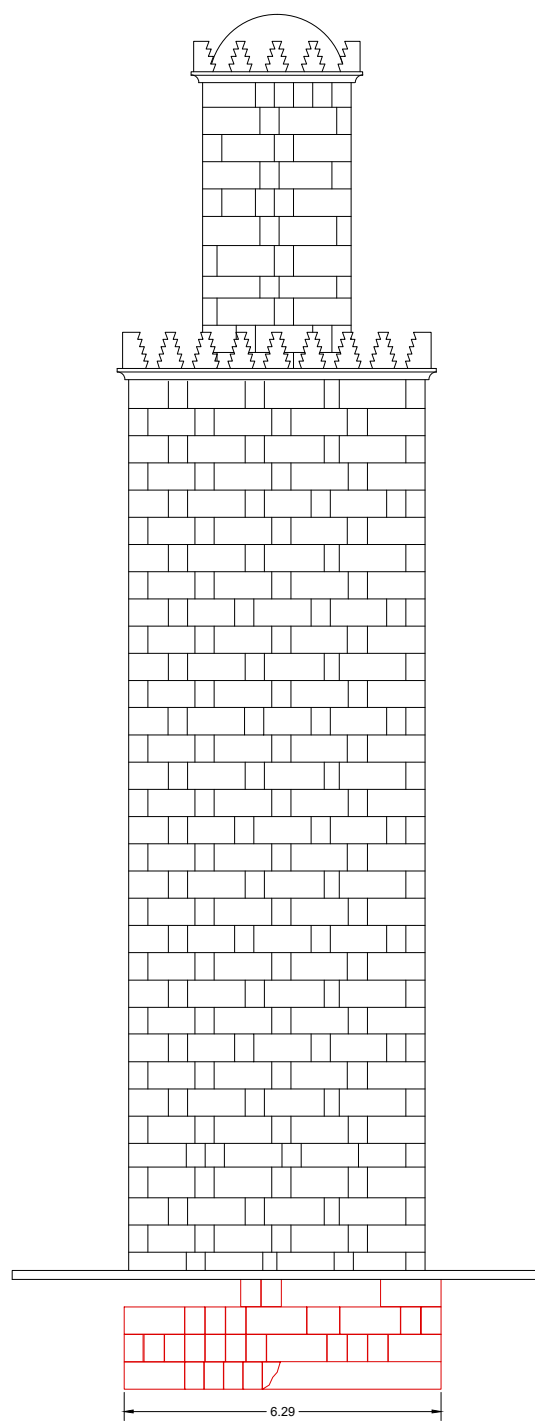


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

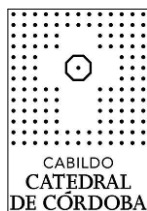
TITULO	Alzados Este, Sur y Planta del alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -	1
FECHA	ENERO 2018			ESP 0	



OESTE

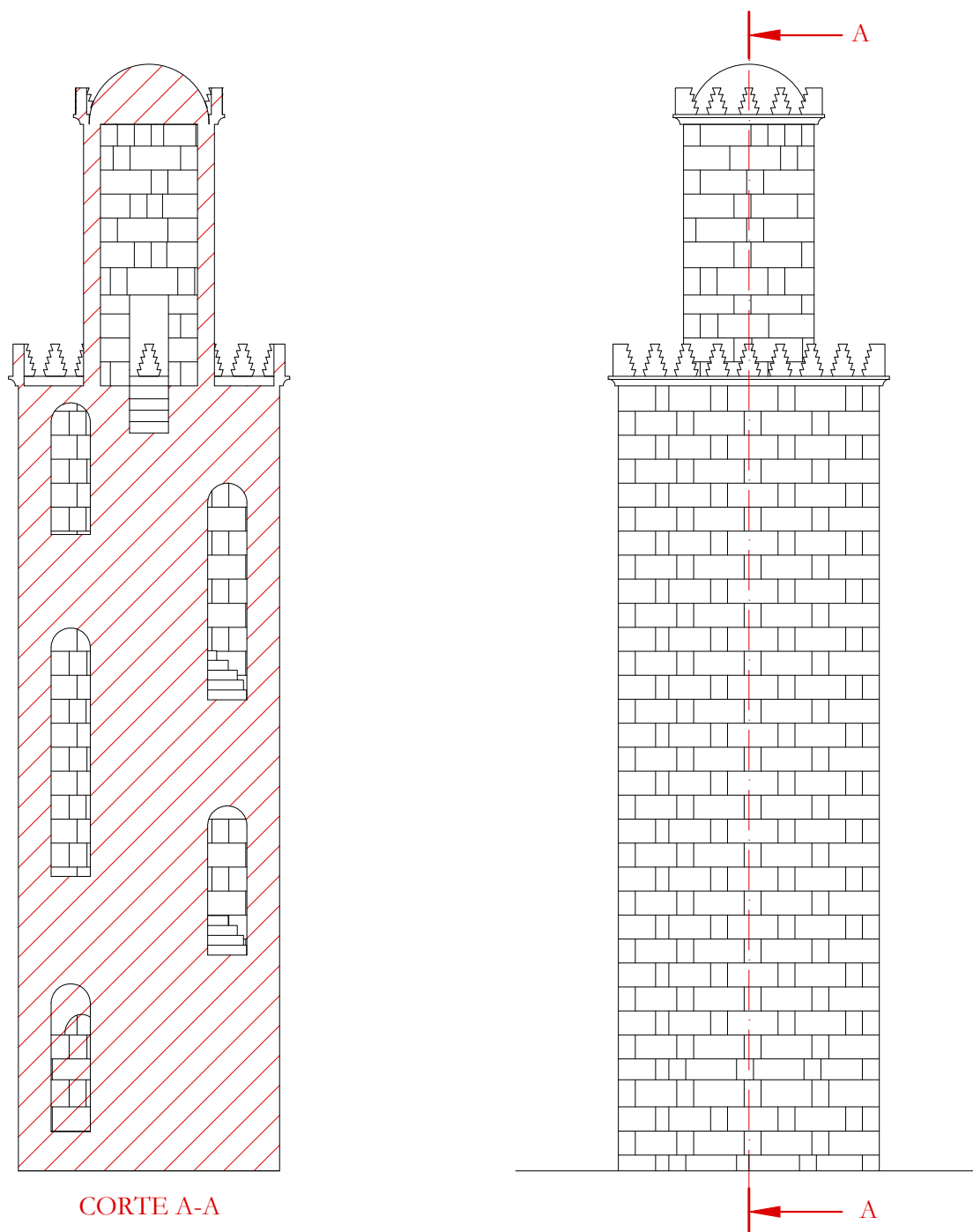


NORTE

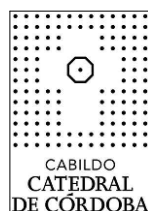
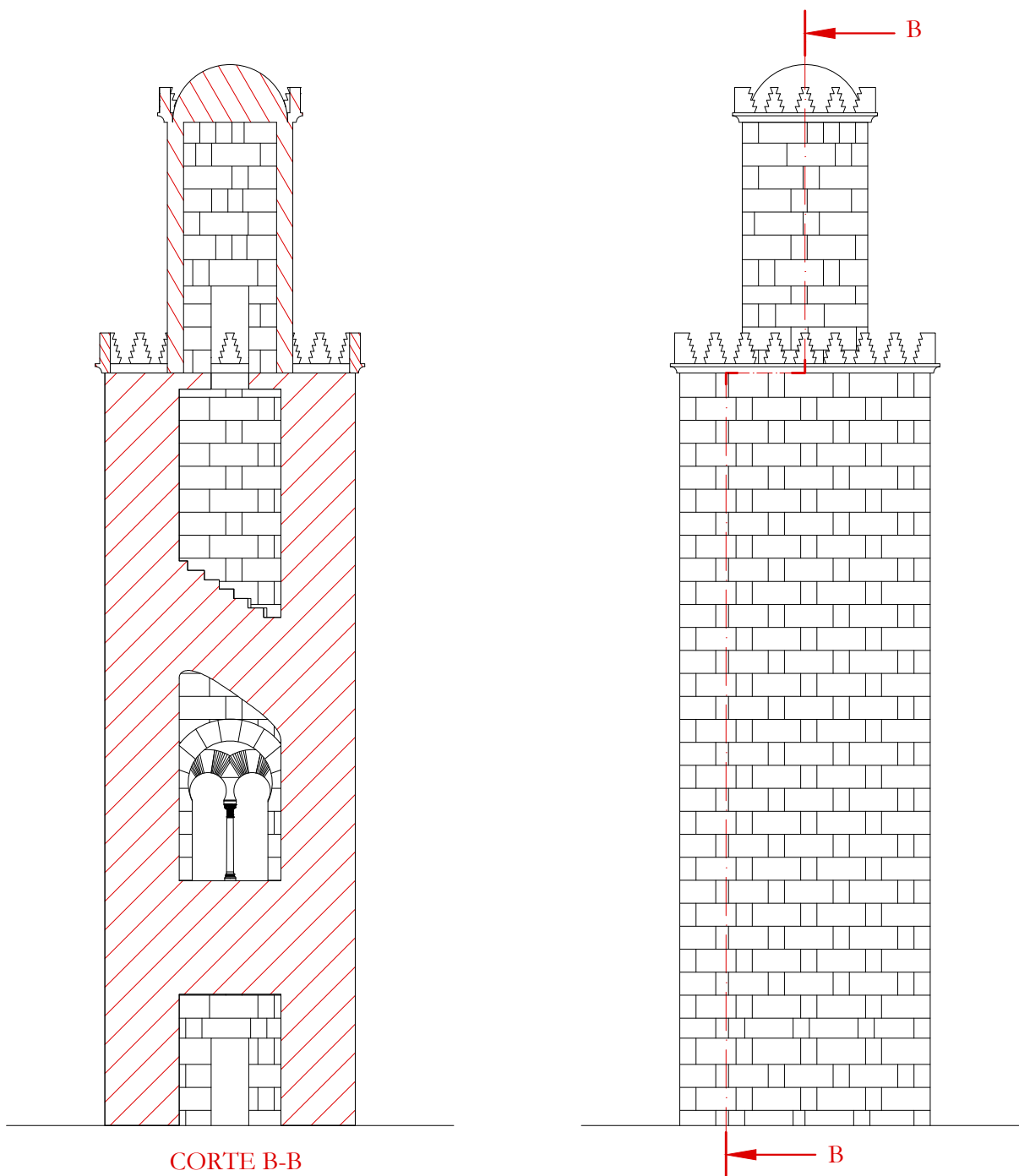


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Alzados Oeste y Norte del alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	2
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	

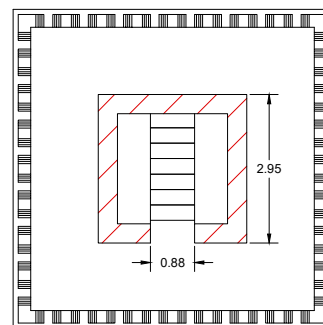
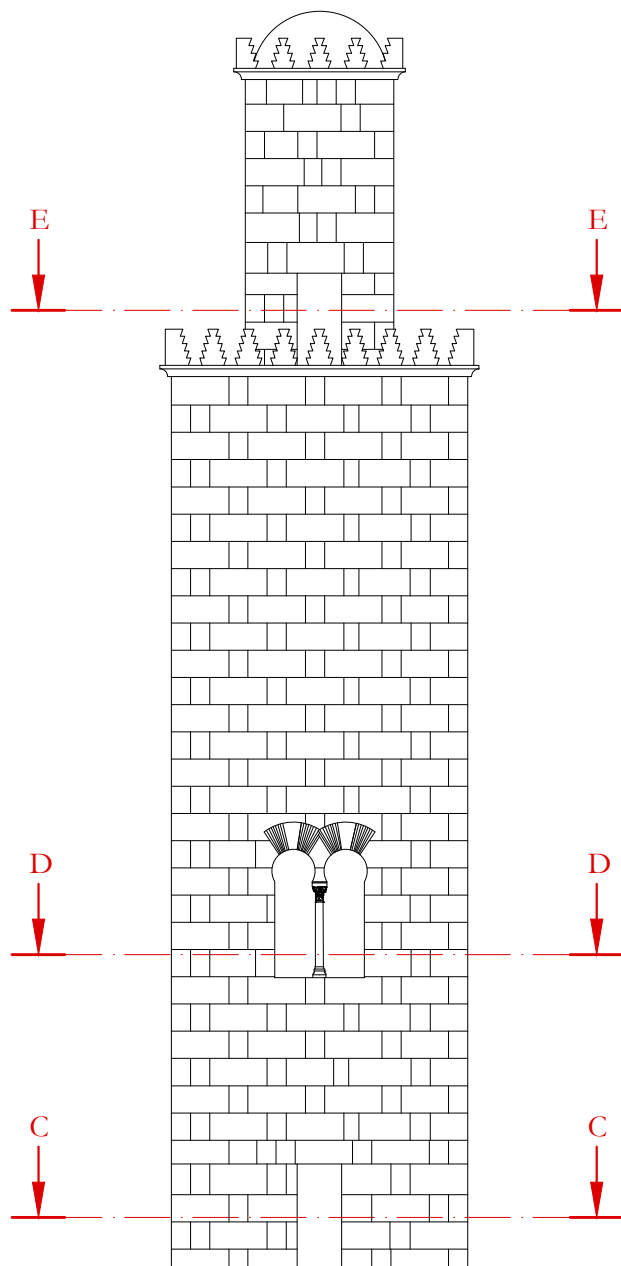


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA						
 CABILDO CATEDRAL DE CÓRDOBA	TITULO	Sección A-A del alminar				Nº PLANO
	ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
	FECHA	ENERO 2018			ESP	0
						3

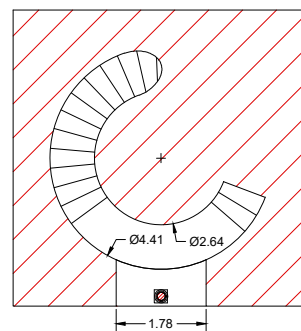


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

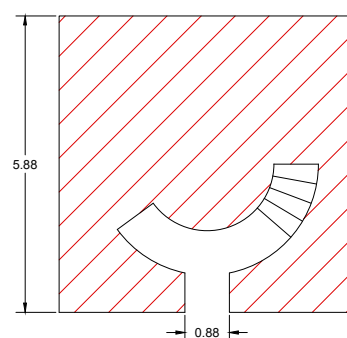
TITULO	Sección B-B del alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	4
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



CORTE E-E

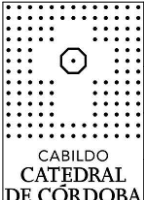


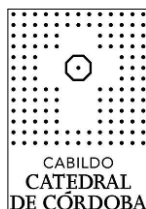
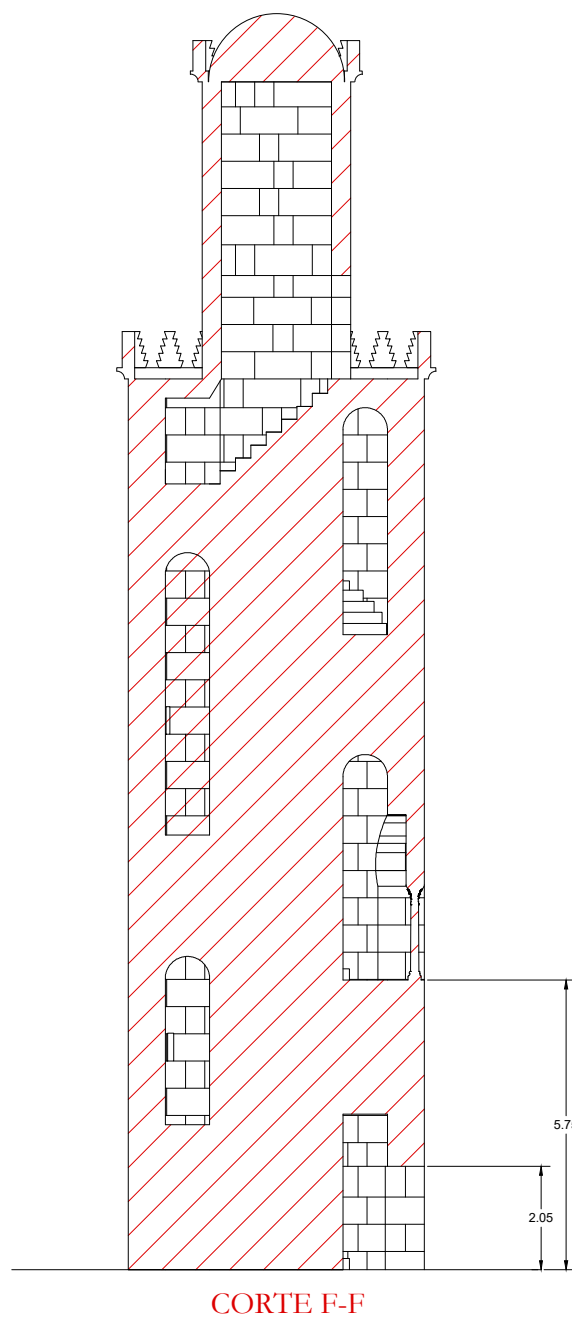
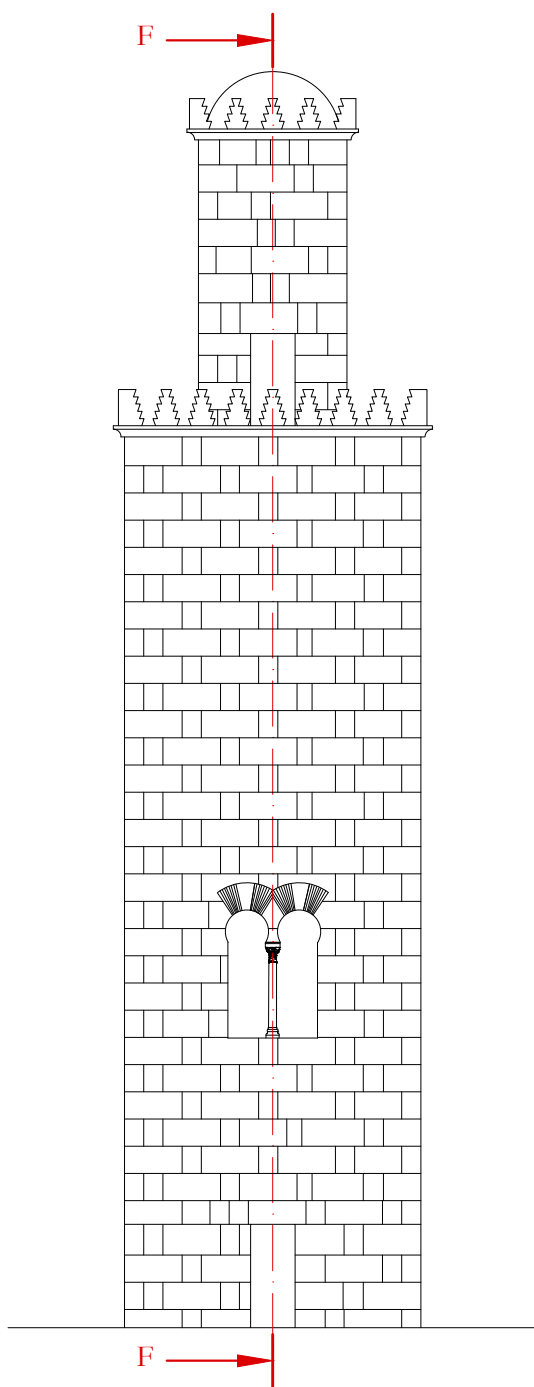
CORTE D-D



CORTE C-C

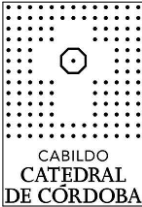
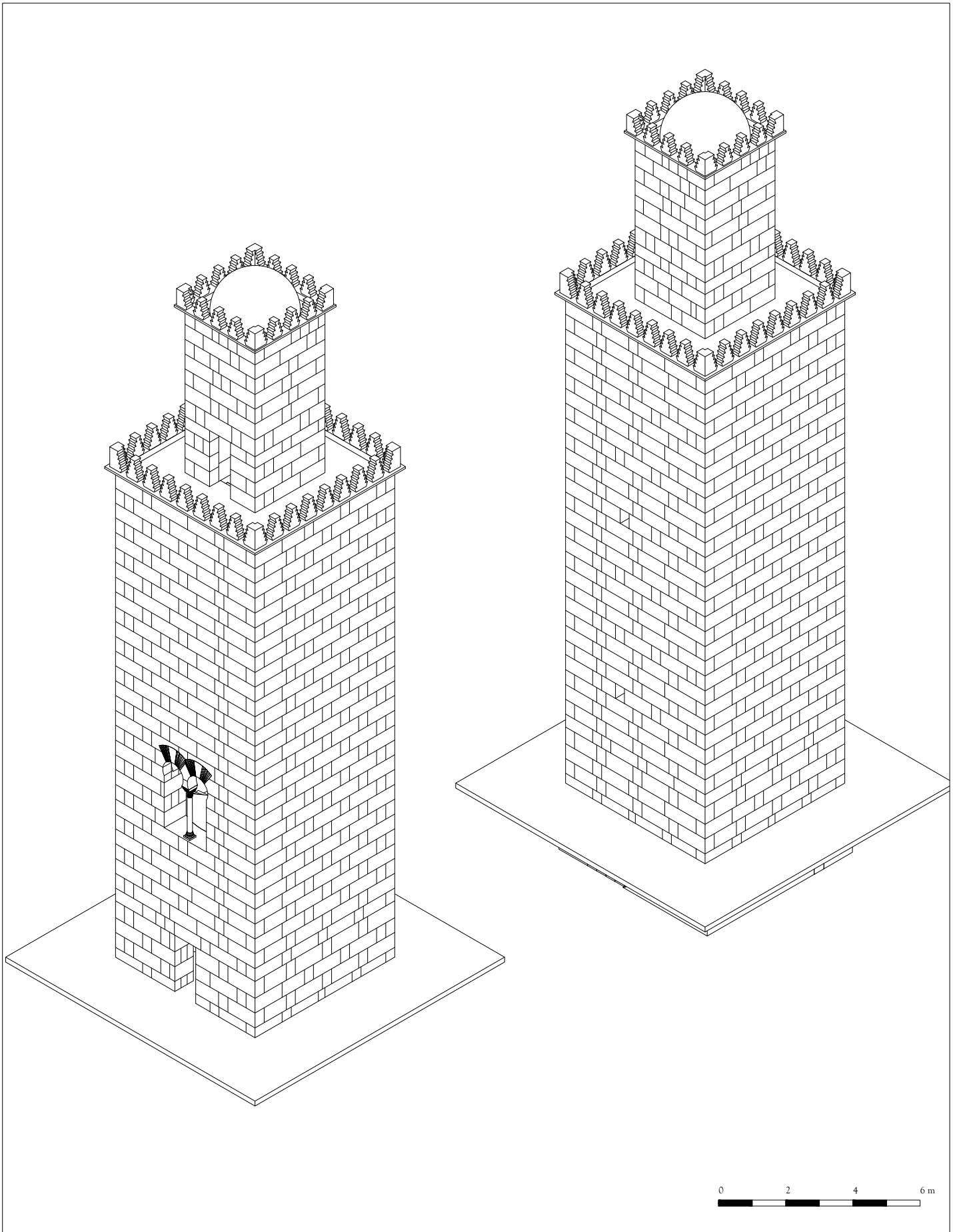


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA					
	TITULO	Secciones de las plantas del alminar			
	ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -
	FECHA	ENERO 2018			ESP 0
					Nº PLANO
					5

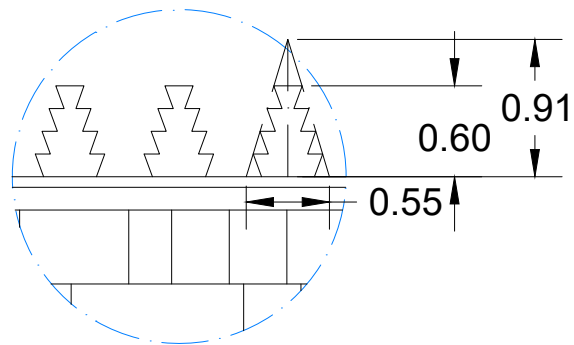
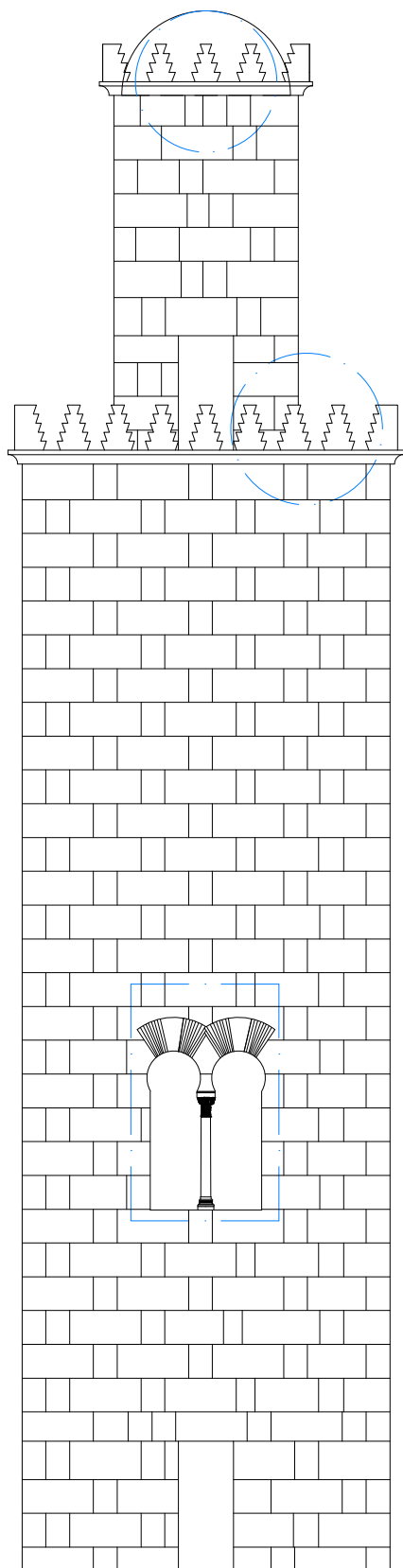


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

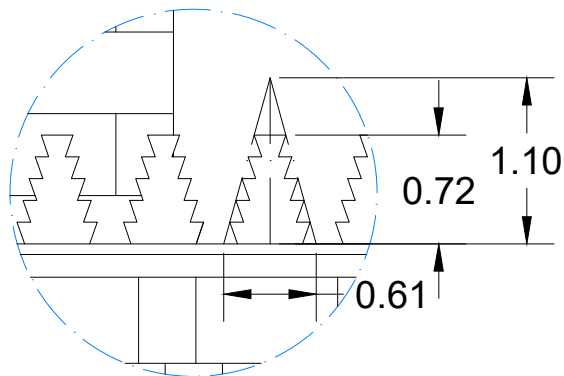
TITULO	Sección F-F del alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	6
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



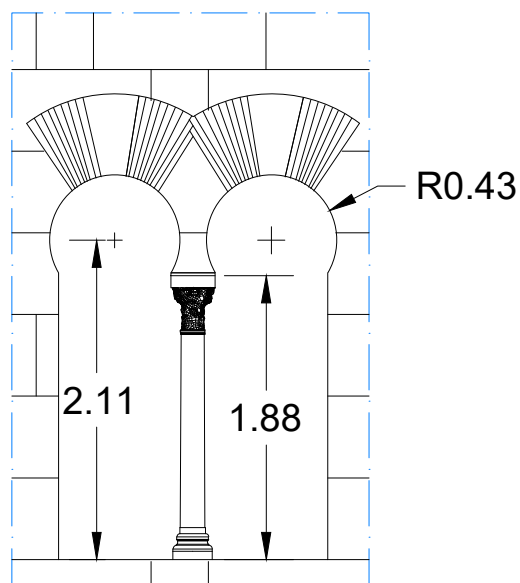
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Perspectivas Sureste y Noroeste del alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:150	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	ENERO 2018			ESP	0
					7



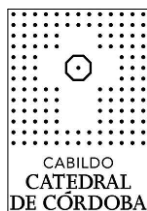
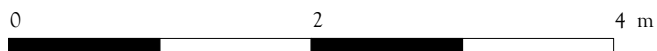
DETALLE A



DETALLE B

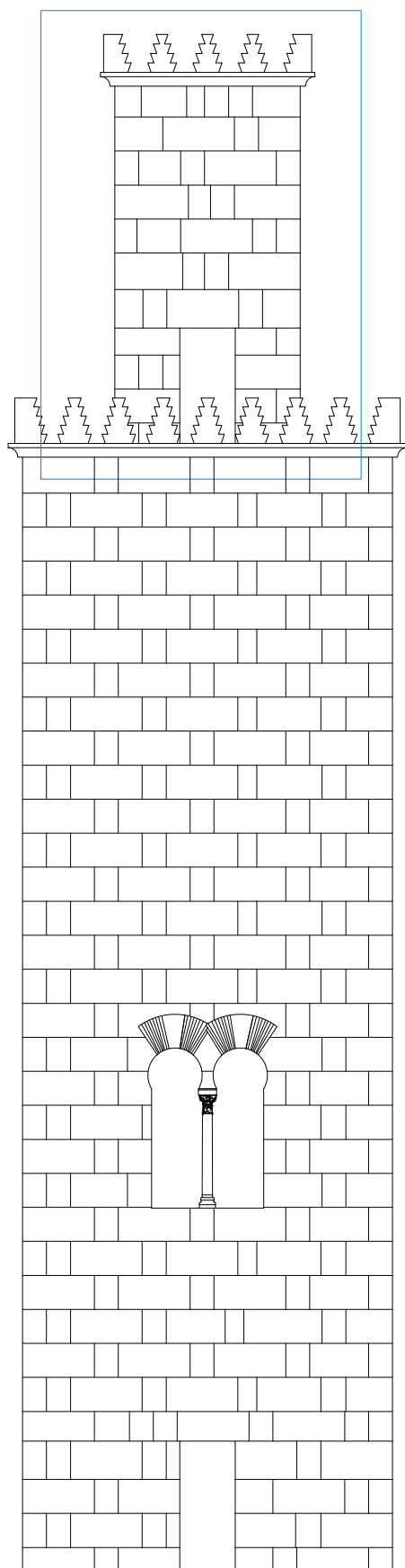


DETALLE C



RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

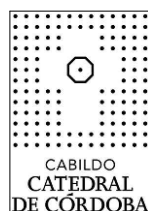
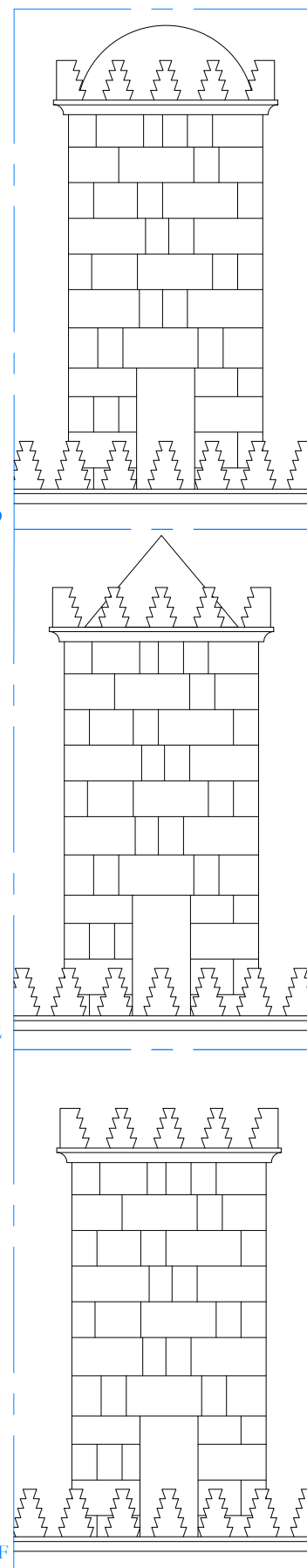
TITULO	Detalle de la ventana y las almenas del alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:50	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	8
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



DETALLE D

DETALLE E

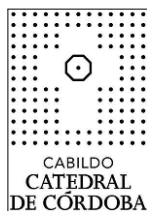
DETALLE F



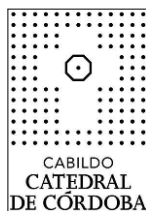
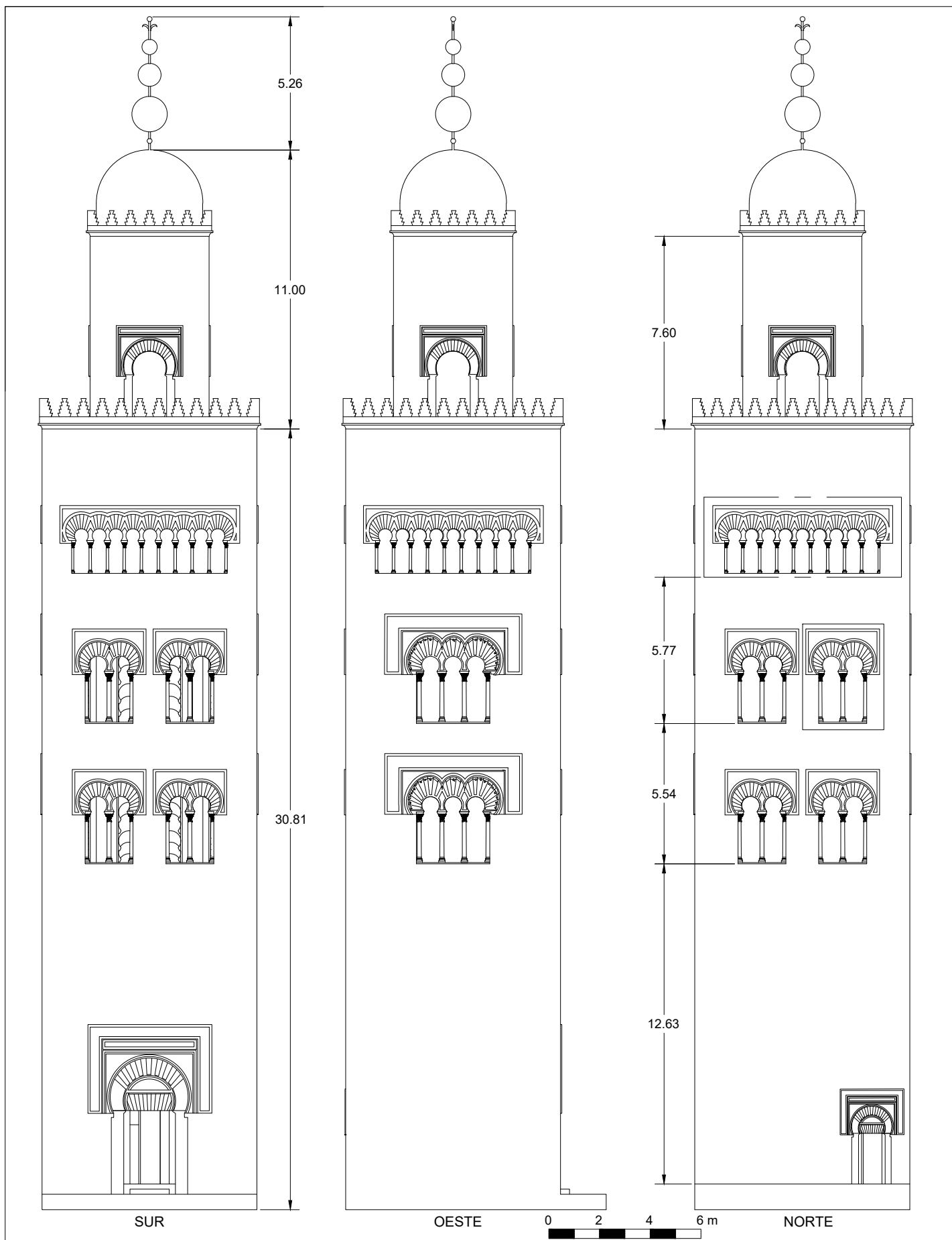
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR DE HISHAM I
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Detalle de las posibles linternas o segundos cuerpos del alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:100	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	9
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	

ANEXO III. PLANIMETRÍA Y ESCALA DE EVIDENCIA
DEL ALMINAR DE ‘ABD AL-RAHMAN III, HISHAM I, Y
SECTOR DE LA MEZQUITA DE ‘ABD AL-RAHMAN I.

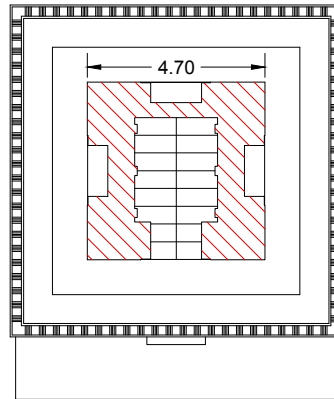
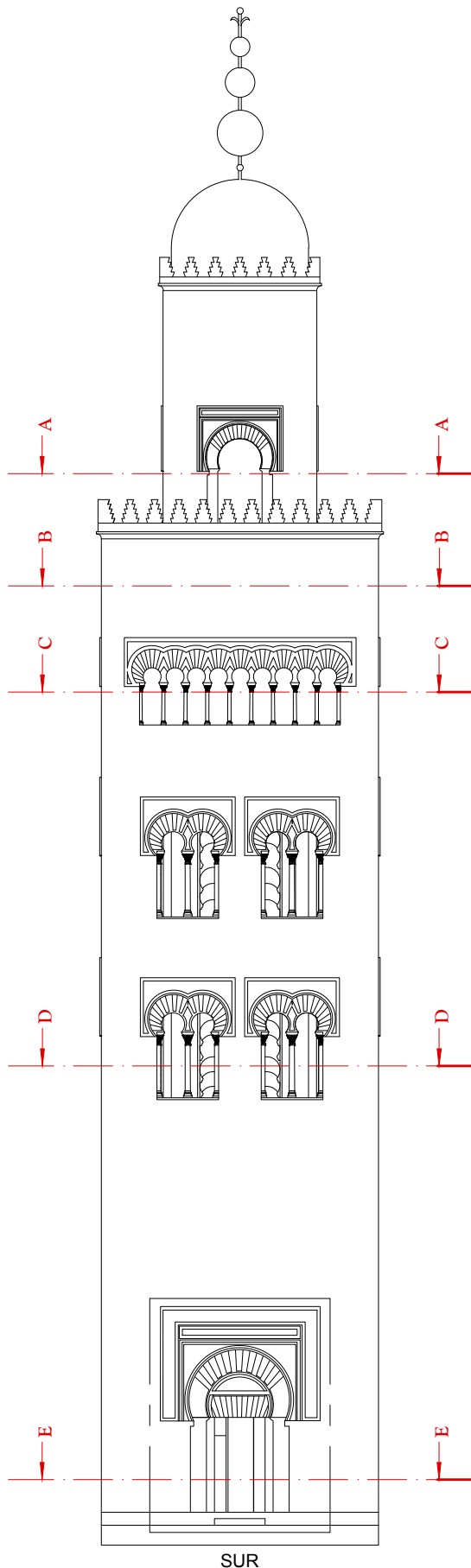


TITULO	Localización del Almarar					Nº PLANO
ESCALA	1:1250	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	0
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	

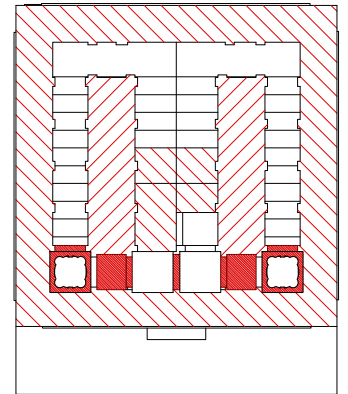


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD AL-RAHMAN III CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

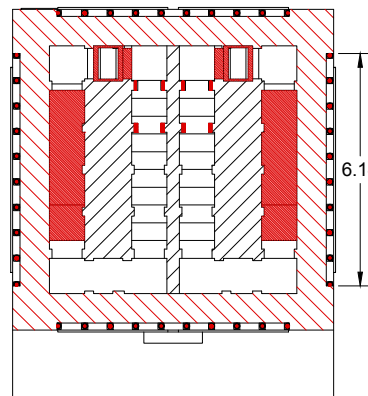
TITULO	Alzados Sur, Oeste y Norte del Alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	1
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



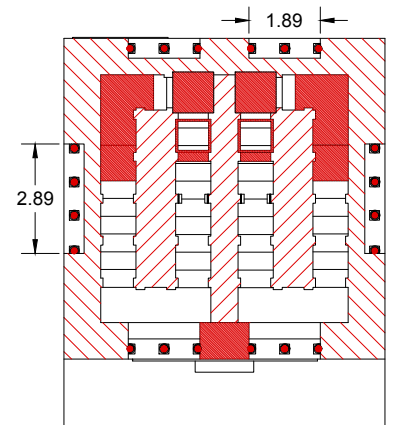
CORTE A-A



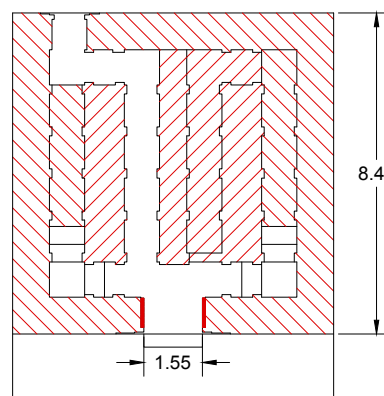
CORTE B-B



CORTE C-C



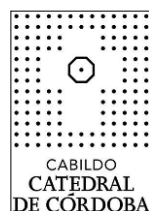
CORTE D-D



CORTE E-E

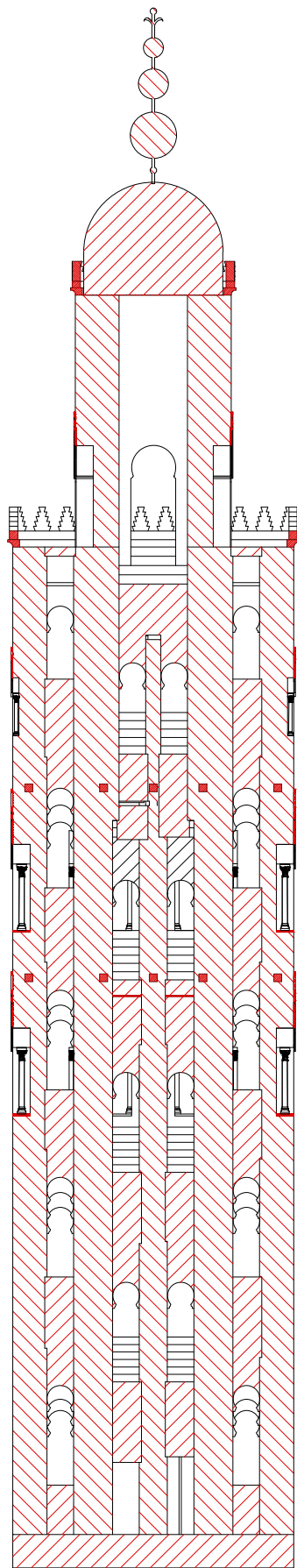


SUR



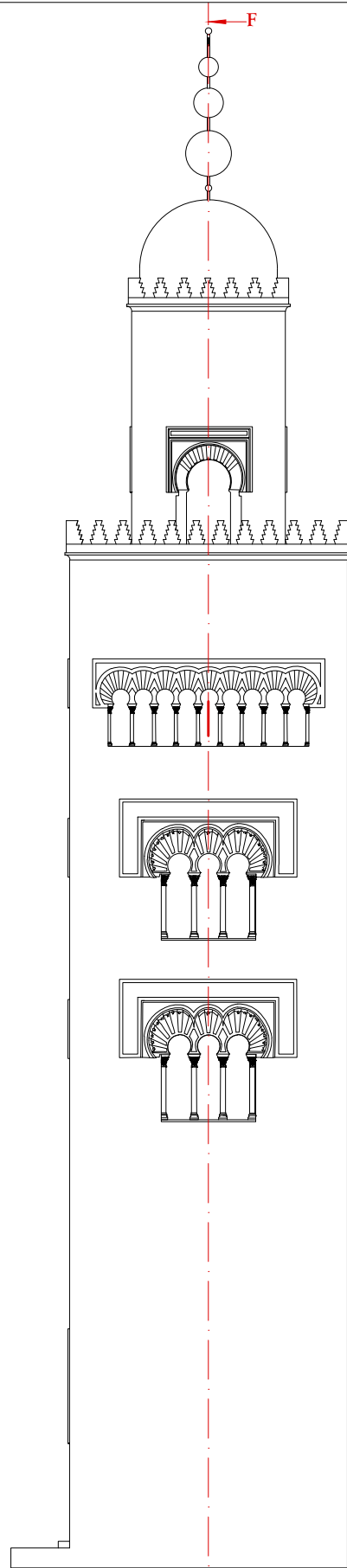
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Plantas del Alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -	2
FECHA	ENERO 2018			ESP 0	

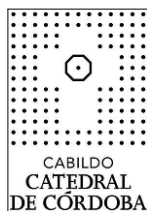


SECCIÓN F-F

0 2 4 6 m

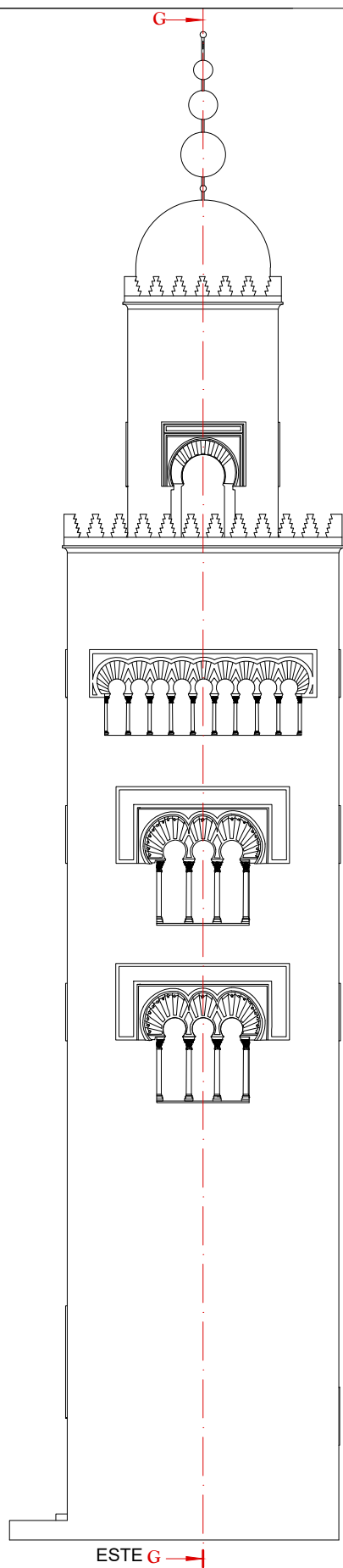


ESTE

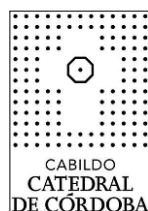
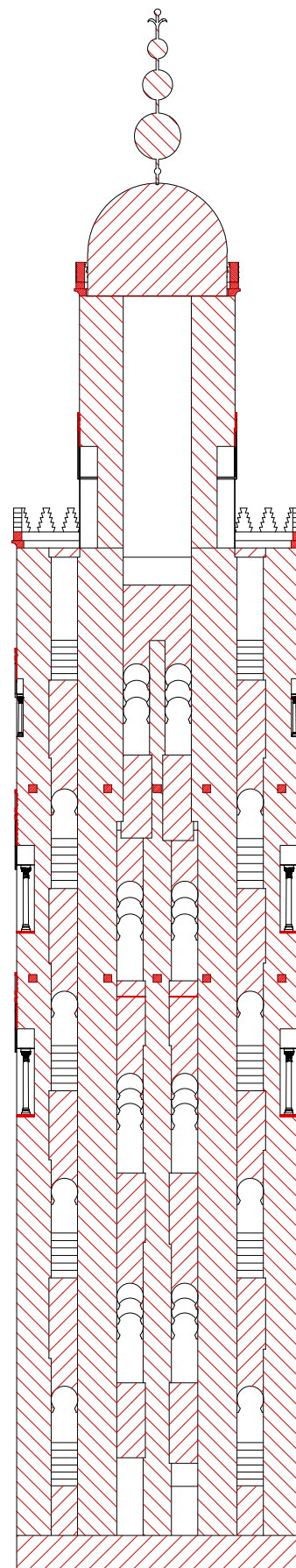


RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Sección F-F del Alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	3
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	

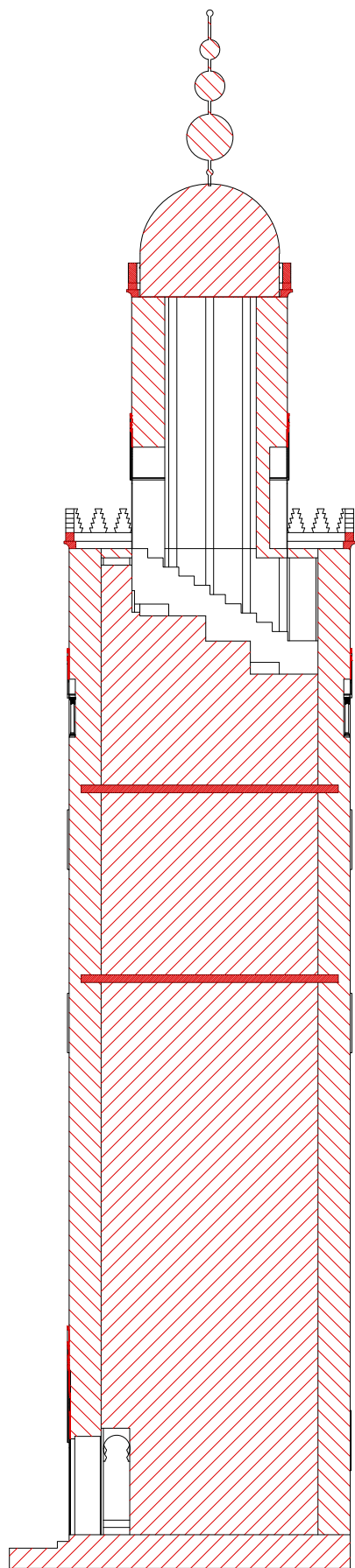


0 2 4 6 m



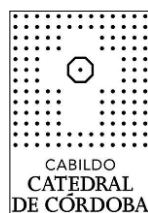
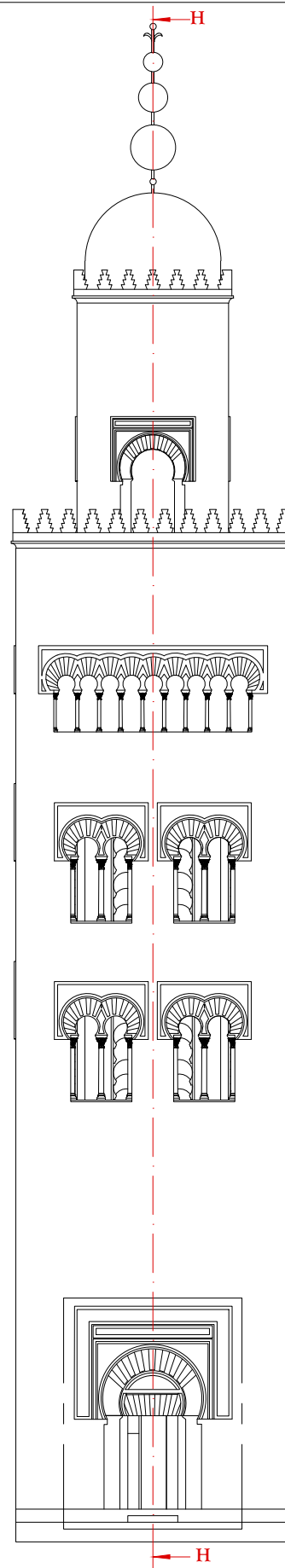
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Sección G-G del Alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -	4
FECHA	ENERO 2018			ESP 0	



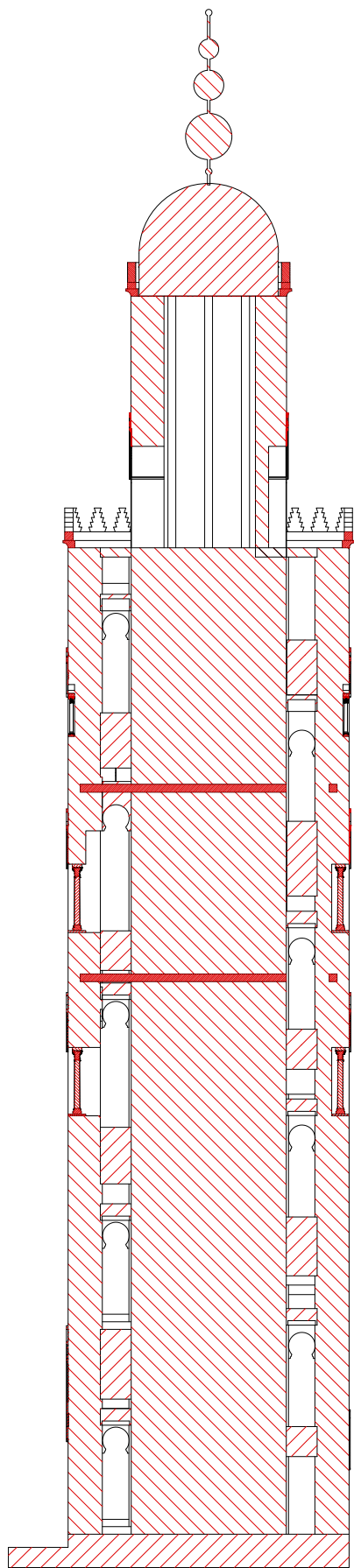
SECCIÓN H-H

0 2 4 6 m



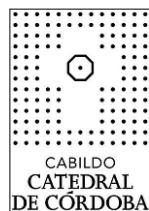
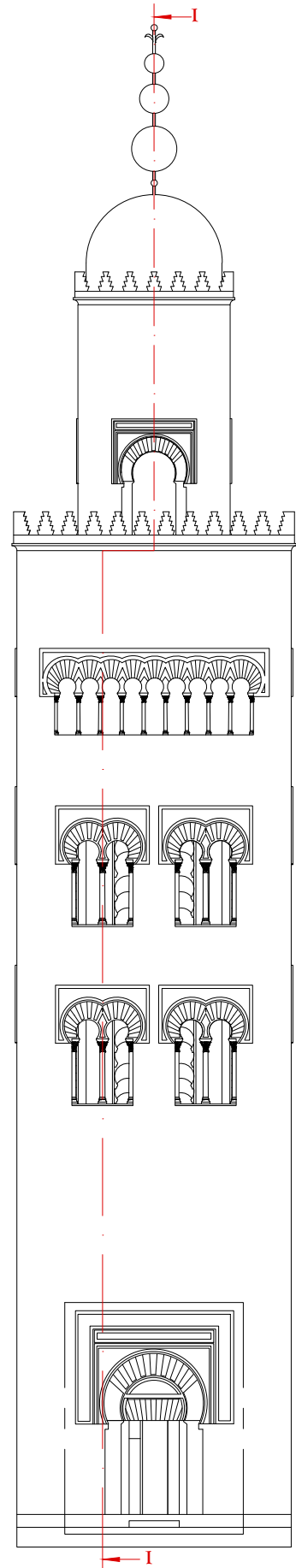
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Sección H-H del Alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	5
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



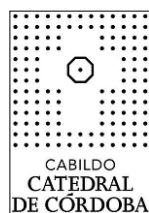
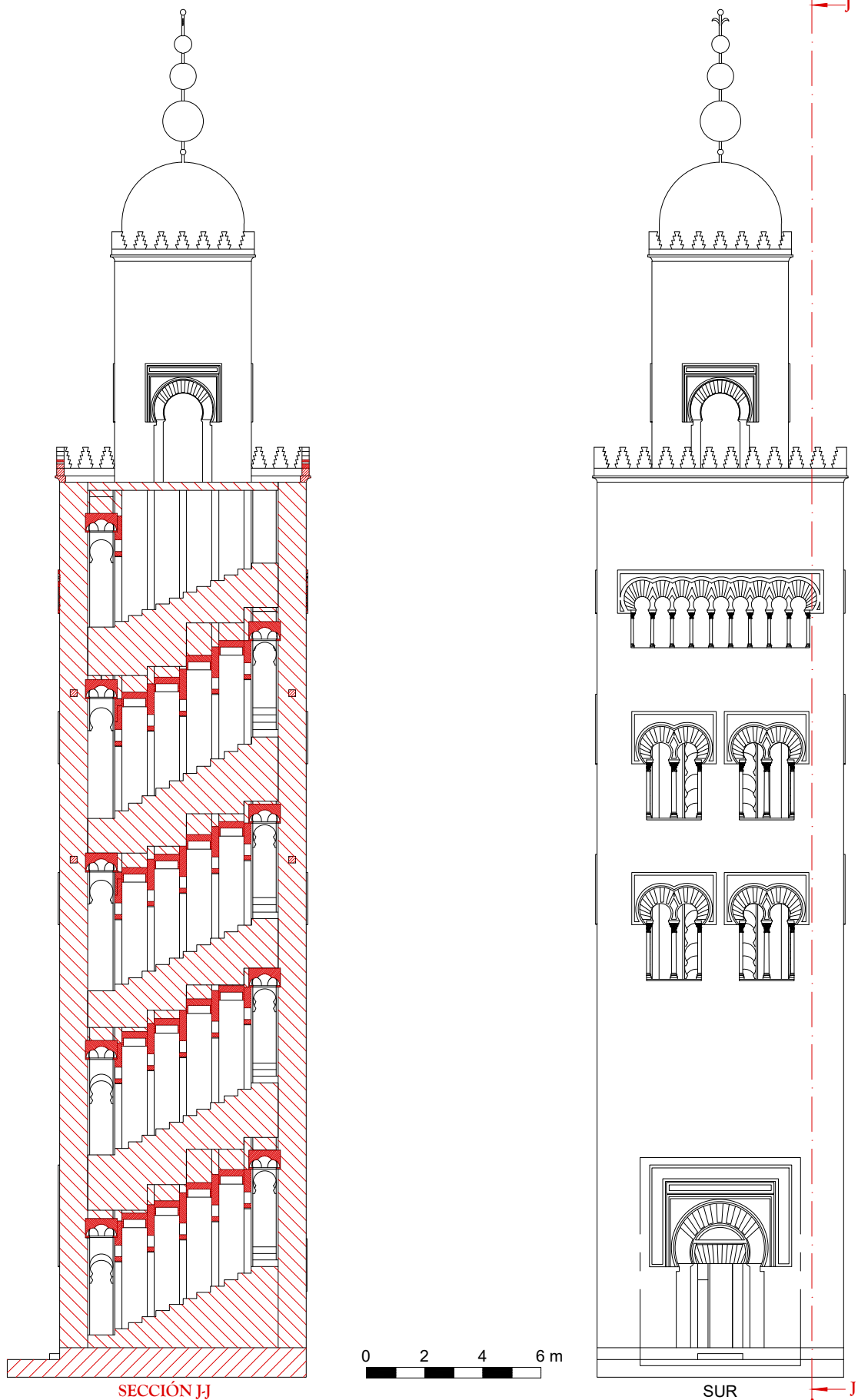
SECCIÓN I-I

0 2 4 6 m



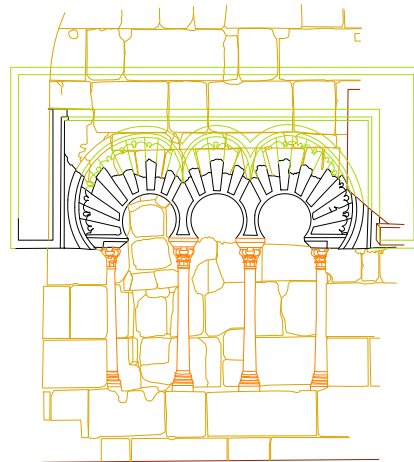
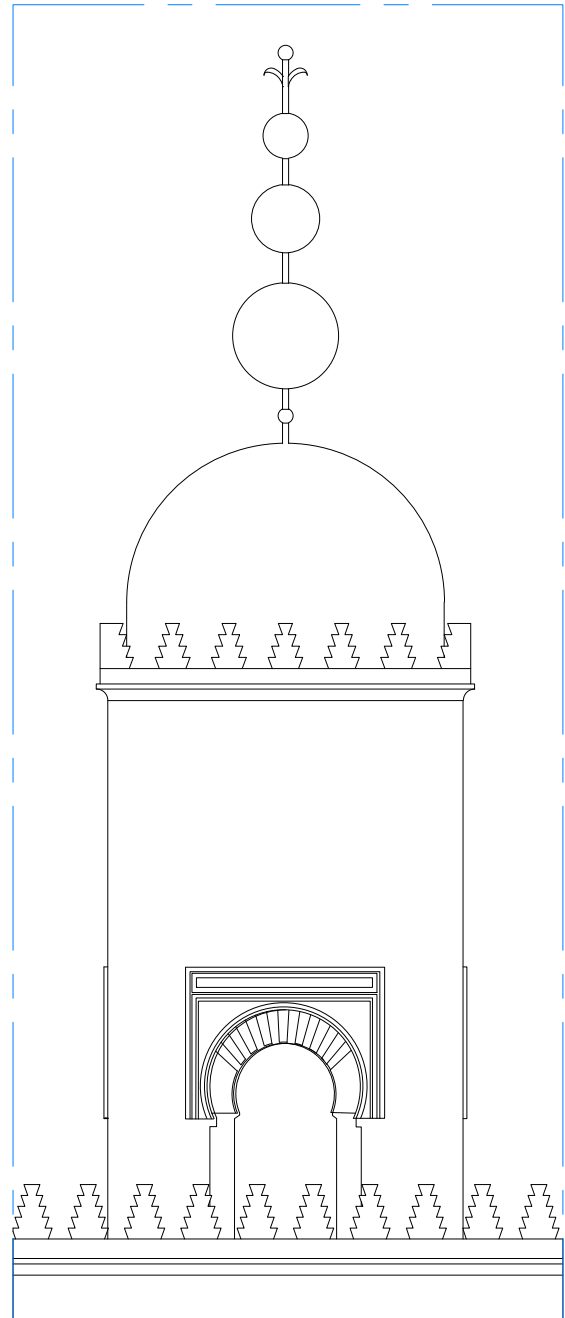
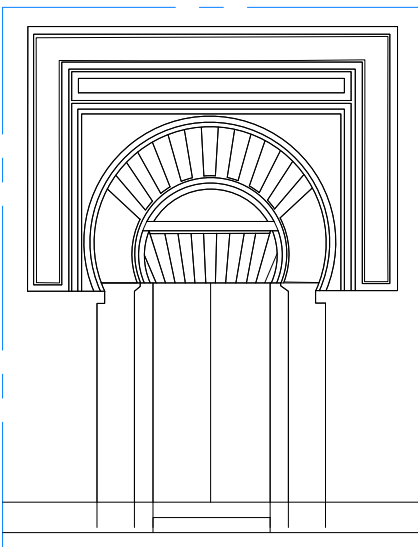
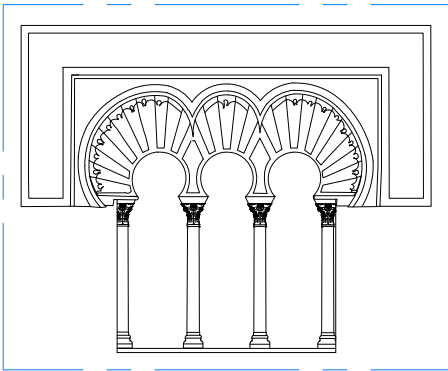
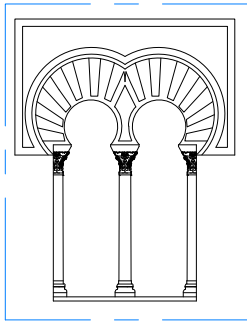
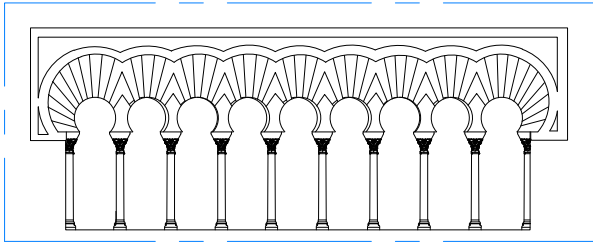
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Sección I-I del Alminar				Nº PLANO	
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	6
FECHA	ENERO 2018			ESP	0	



RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD AL-RAHMAN III
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

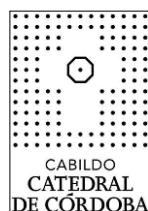
TITULO	Sección J-J del Alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -	7
FECHA	ENERO 2018			ESP 0	



LEYENDA

- Restitución del arco
- Madera
- Paramento del alminar
- Columnas s. XXI

0 1 2 3 m



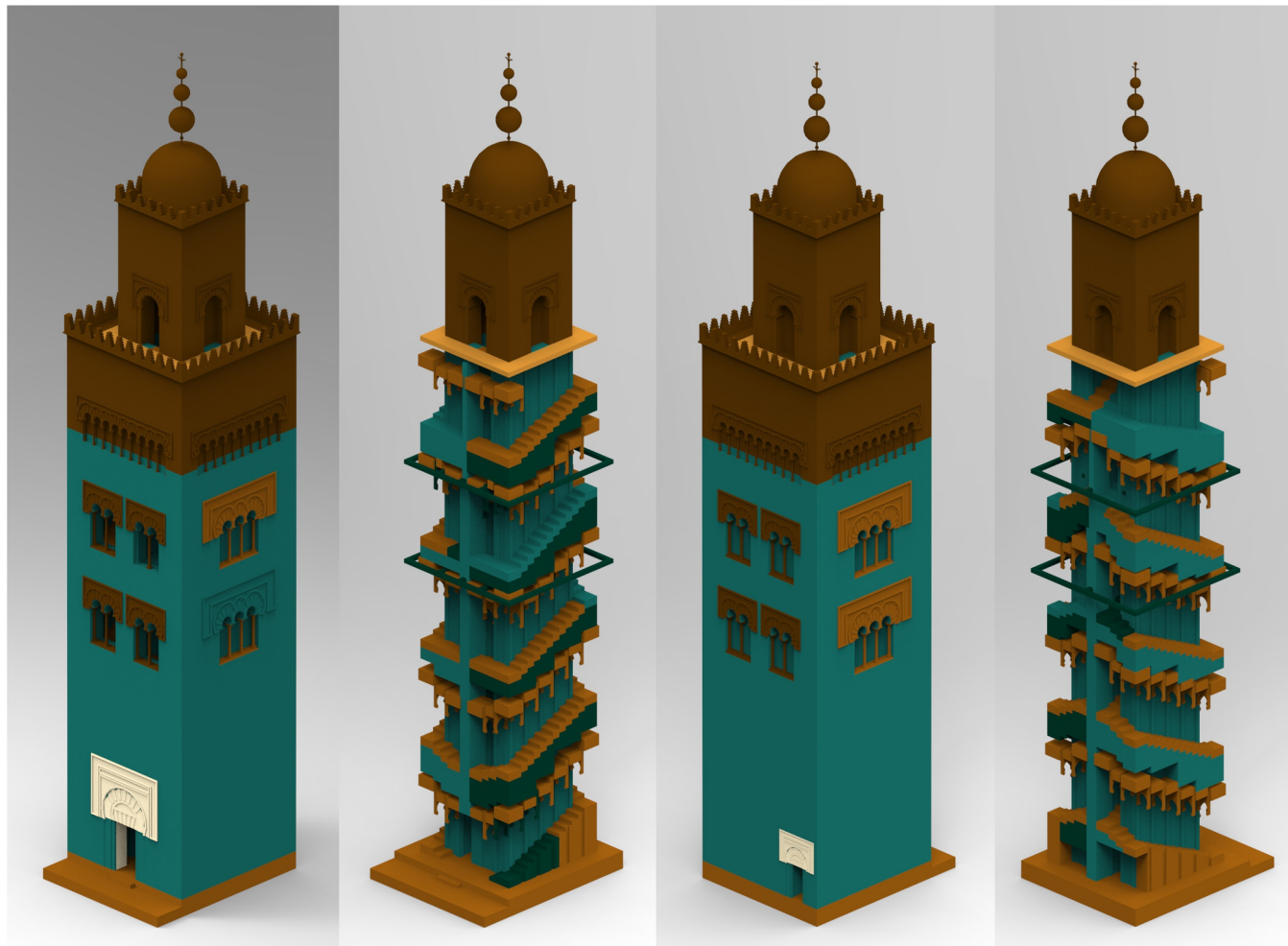
RECONSTRUCCIÓN ALMINAR 'ABD ALRAHMAN III CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

TITULO	Detalle de la Puerta, Ventanas y Segundo Cuerpo del Alminar				Nº PLANO
ESCALA	1:200	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	ENERO 2018			ESP	0
					8

Reconstrucción del Alminar de 'Abd al-Rahman III

(Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, España)

Nivel de Evidencia de la Reconstrucción Virtual



EXISTE EN SU FORMA ORIGINAL

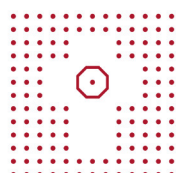
EXISTE CON MODIFICACIONES

REPRESENTACIÓN GRÁFICA SENCILLA

INFORMACIÓN BASADA EN HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

INFORMACIÓN BASADA EN TEXTOS DEL EDIFICIO

BASADO EN ESTRUCTURAS SIMILARES DE LA MISMA ÉPOCA O CERCANAS



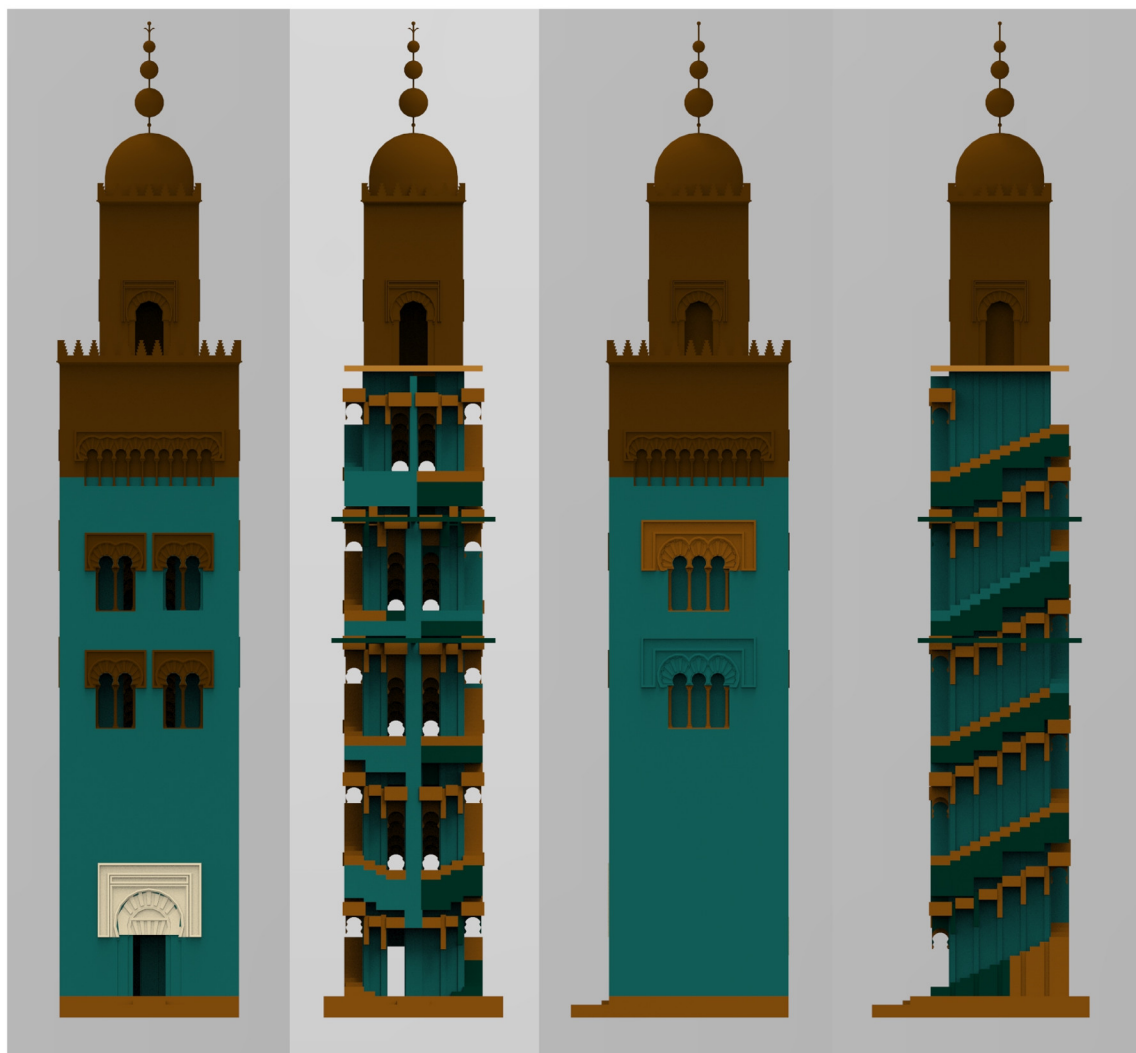
CABILDO
CATEDRAL
DE CÓRDOBA



Reconstrucción del Alminar de 'Abd al-Rahman III

(Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, España)

Nivel de Evidencia de la Reconstrucción Virtual



EXISTE EN SU FORMA ORIGINAL

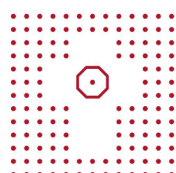
EXISTE CON MODIFICACIONES

REPRESENTACIÓN GRÁFICA SENCILLA

INFORMACIÓN BASADA EN HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

INFORMACIÓN BASADA EN TEXTOS DEL EDIFICIO

BASADO EN ESTRUCTURAS SIMILARES DE LA MISMA ÉPOCA O CERCANAS



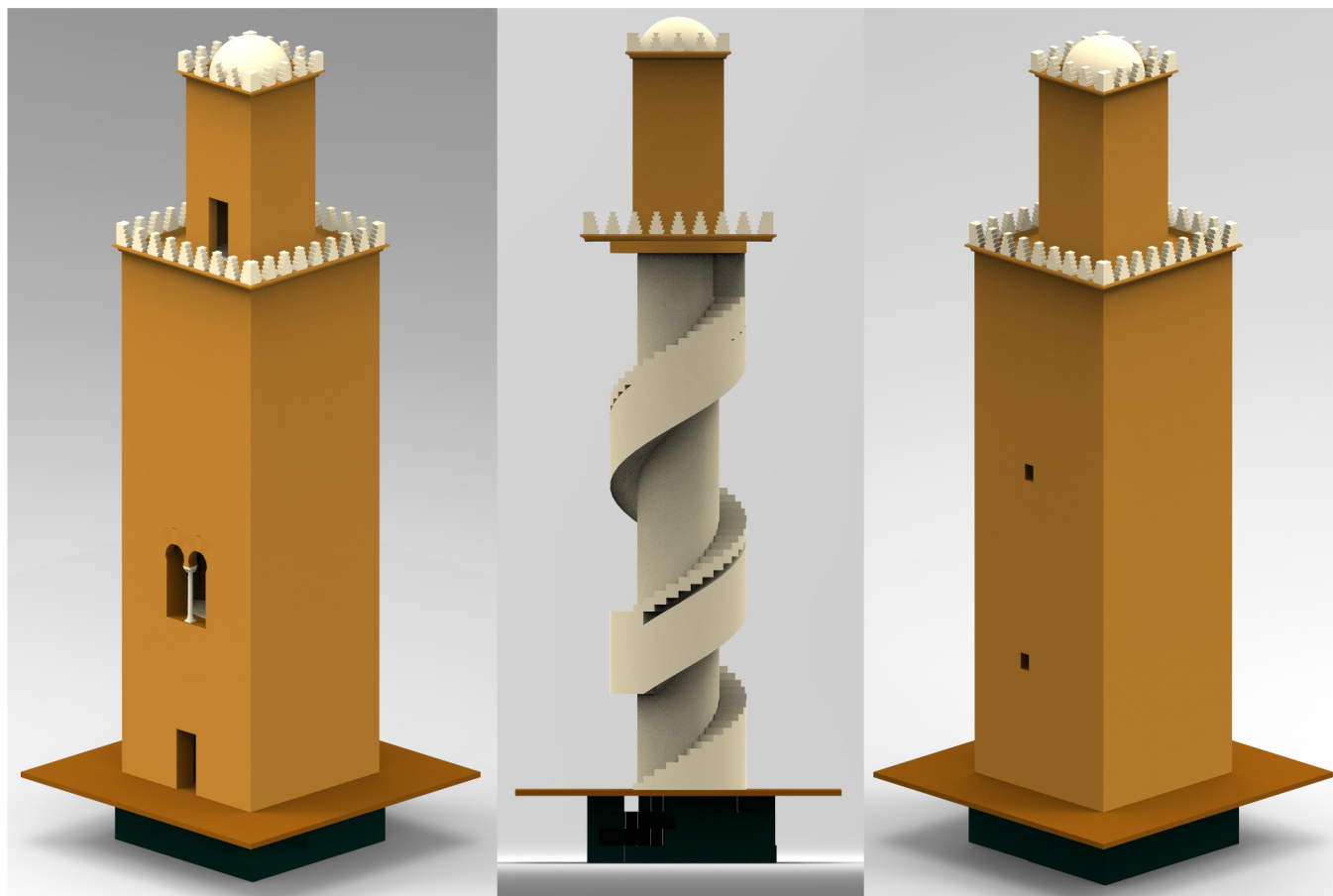
CABILDO
CATEDRAL
DE CÓRDOBA



Reconstrucción del Alminar de Hisham I

(Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, España)

Nivel de Evidencia de la Reconstrucción Virtual

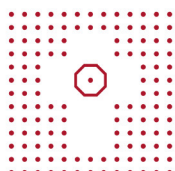


EXISTE EN SU FORMA ORIGINAL

INFORMACIÓN BASADA EN HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

INFORMACIÓN BASADA EN TEXTOS DEL EDIFICIO

BASADO EN EXTRUCTURAS SIMILARES DE LA MISMA ÉPOCA O CERCANAS



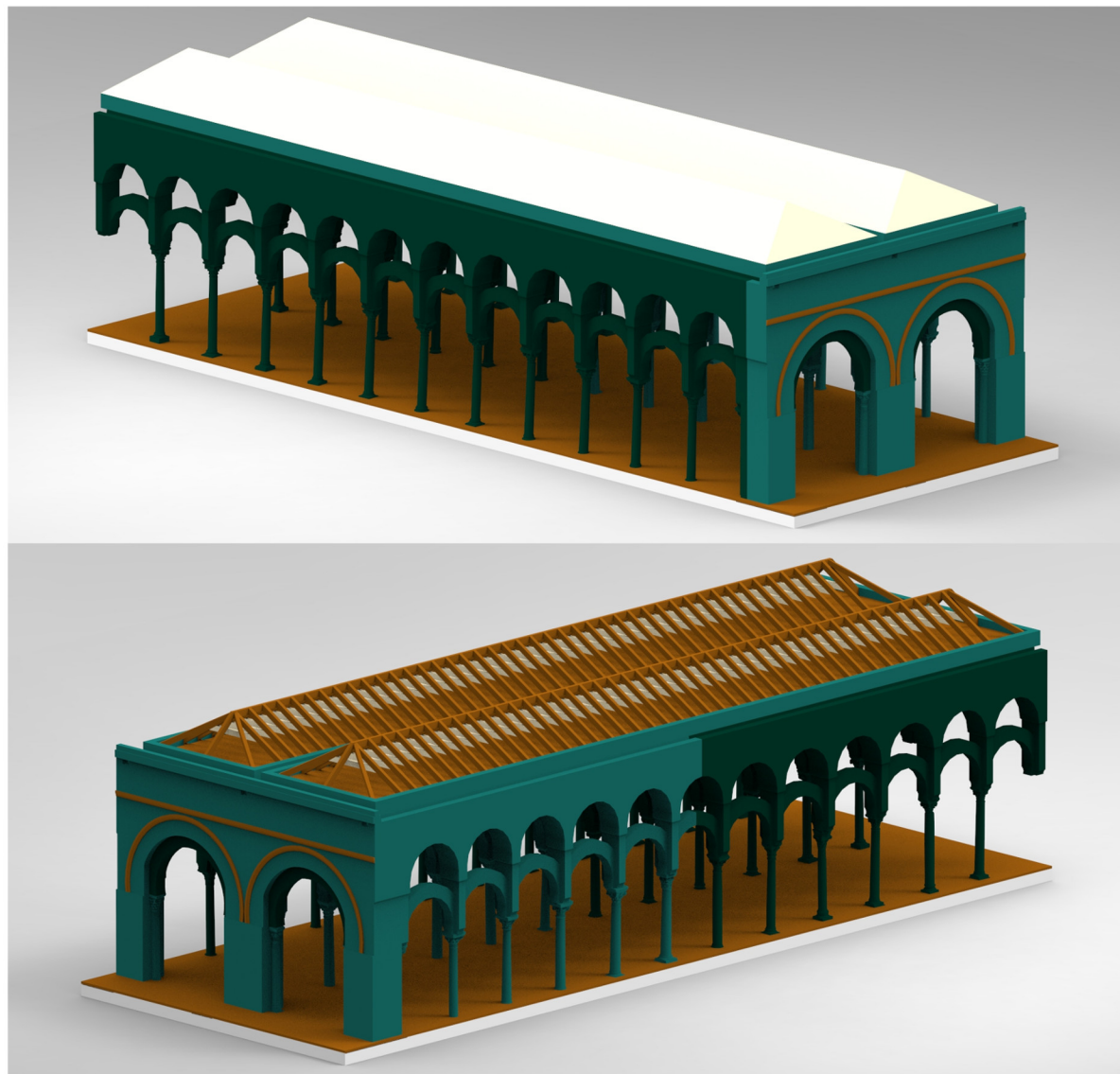
CABILDO
CATEDRAL
DE CÓRDOBA



Reconstrucción sector Mezquita Abd al-Rahman I

(Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, España)

Nivel de Evidencia de la Reconstrucción Virtual

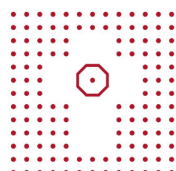


EXISTE EN SU FORMA ORIGINAL

EXISTE CON MODIFICACIONES

INFORMACIÓN BASADA EN HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

BASADO EN EXSTRUCTURAS SIMILARES DE LA MISMA ÉPOCA O CERCANAS



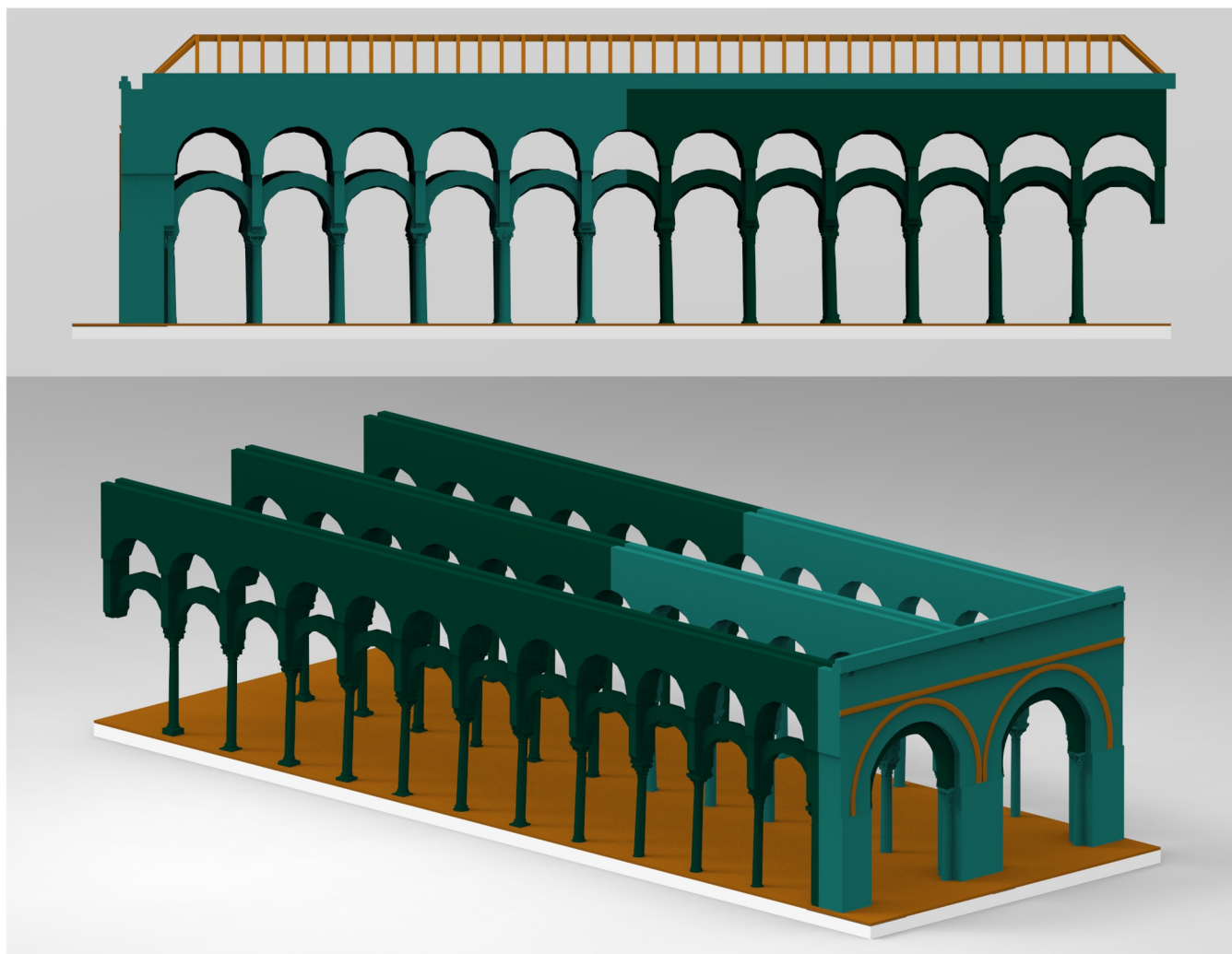
CABILDO
CATEDRAL
DE CÓRDOBA



Reconstrucción sector Mezquita Abd al-Rahman I

(Conjunto Monumental Mezquita Catedral de Córdoba, España)

Nivel de Evidencia de la Reconstrucción Virtual

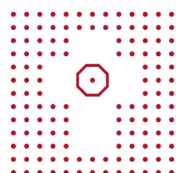


EXISTE EN SU FORMA ORIGINAL

EXISTE CON MODIFICACIONES

INFORMACIÓN BASADA EN HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

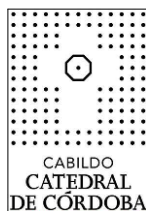
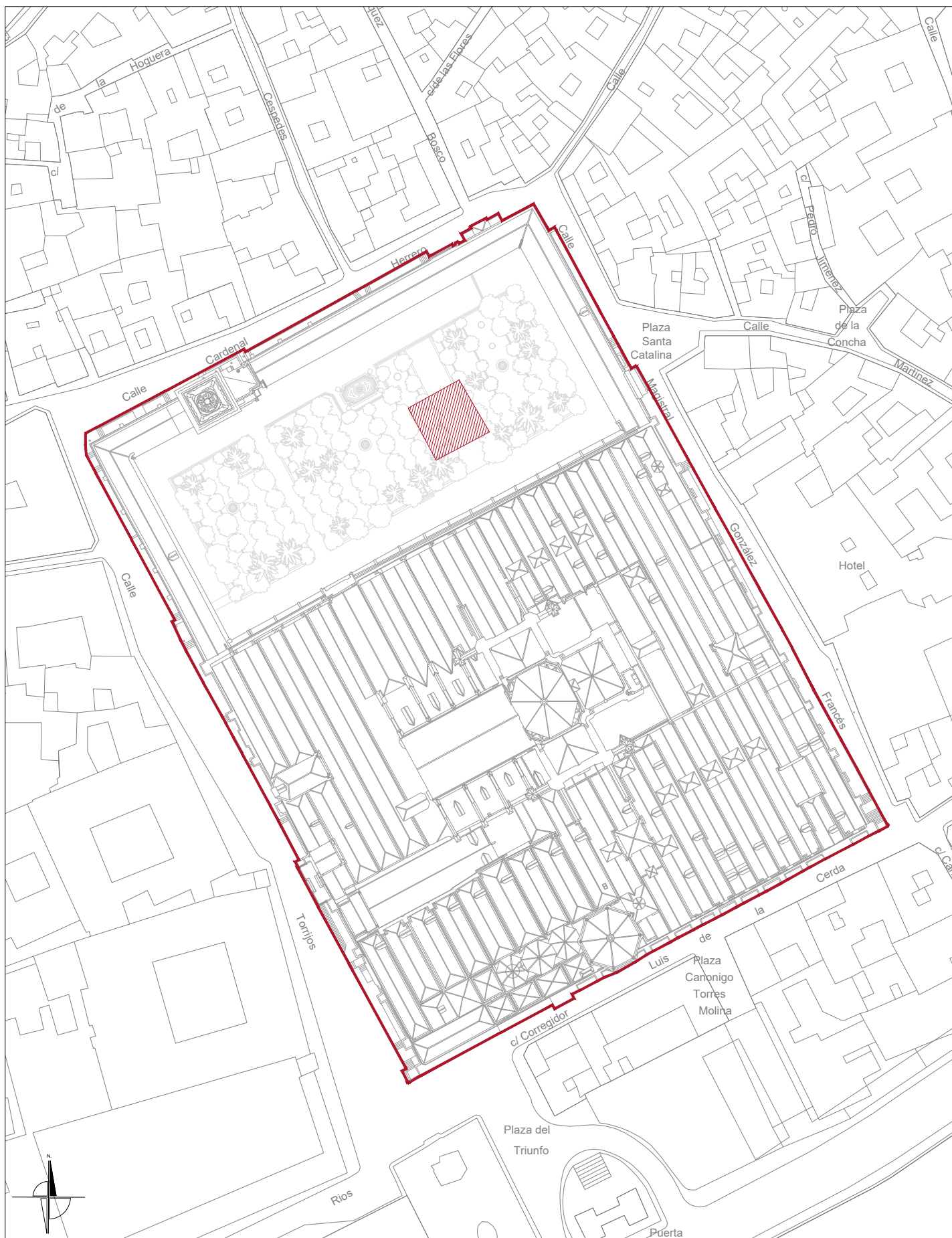
BASADO EN EXSTRUCTURAS SIMILARES DE LA MISMA ÉPOCA O CERCANAS



CABILDO
CATEDRAL
DE CÓRDOBA



ANEXO IV. PLANIMETRÍA DEL ALJIBE DE ALMANZOR.

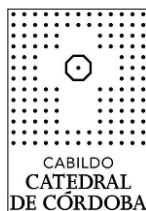
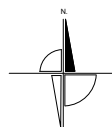


ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Localización del aljibe				Nº PLANO
ESCALA	1:1250	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	0
					0

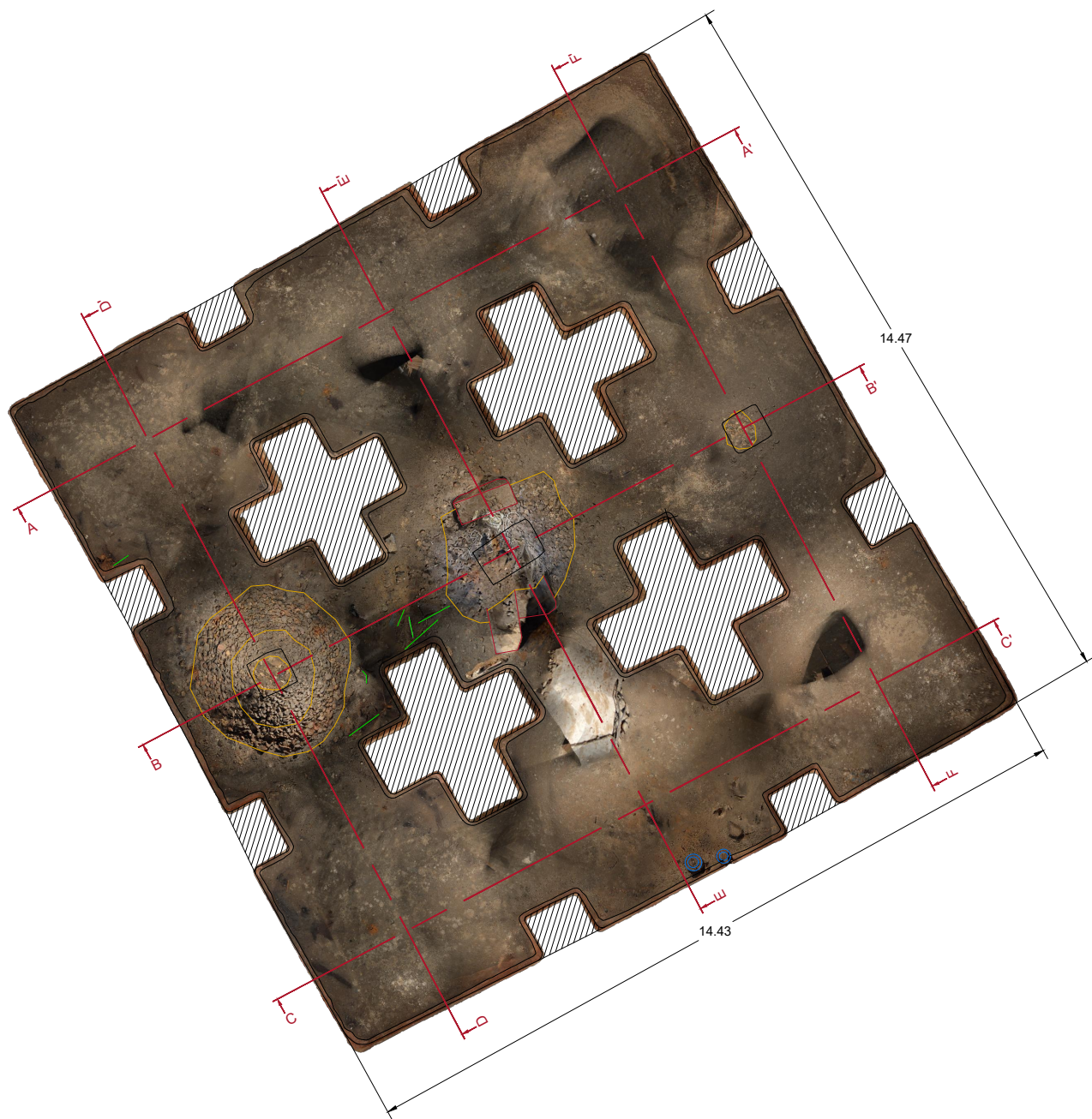


LEYENDA

- Sillares
- Cantos rodados
- Clavos metálicos
- Firmas en los muros
- Tuberías de EMACSA

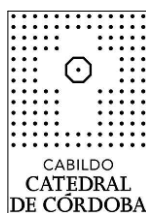
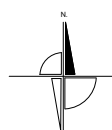


ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Planta del aljibe				Nº PLANO
ESCALA	1:125	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	-
					1

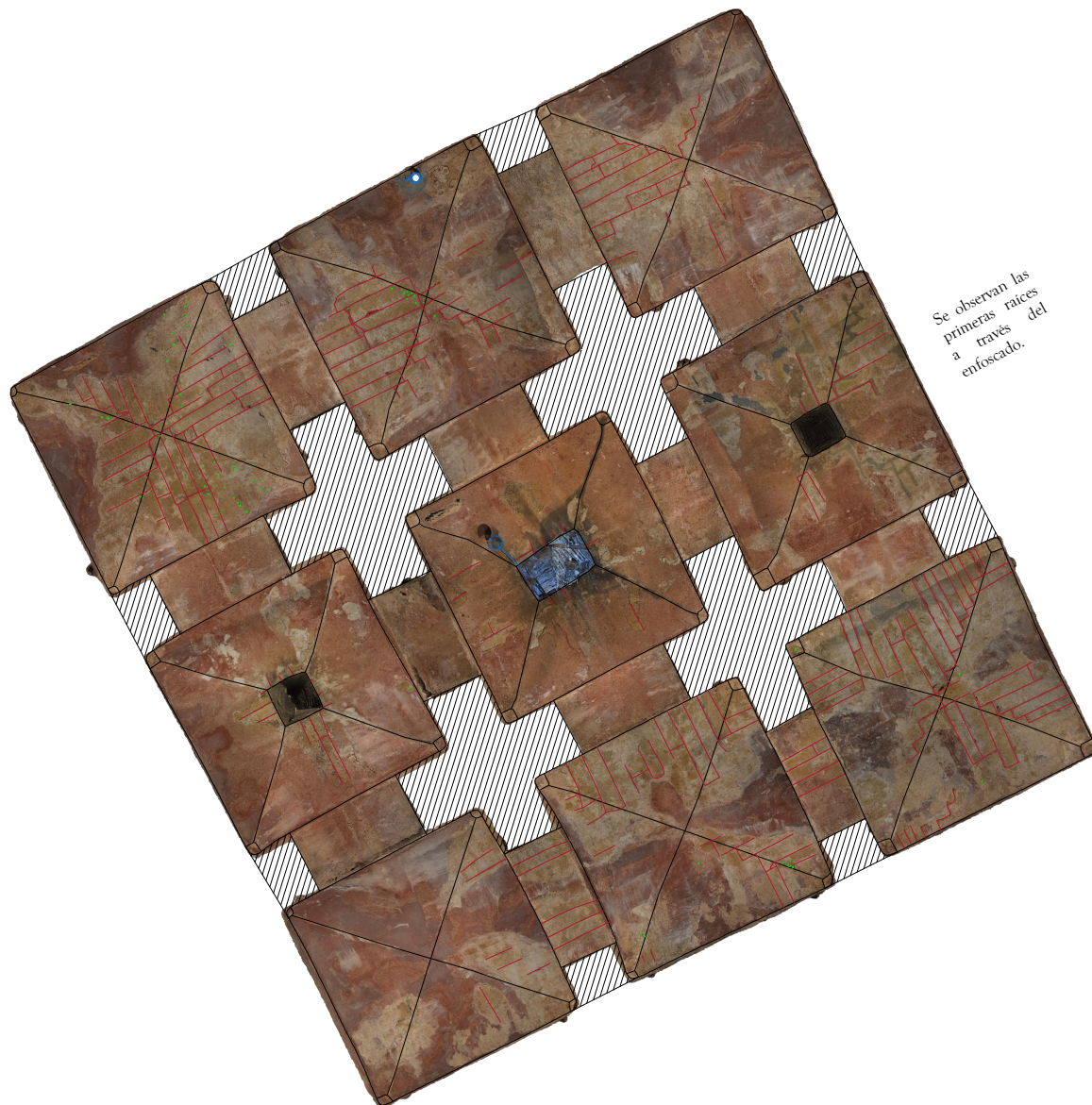


LEYENDA

- Sillares
- Cantos rodados
- Clavos metálicos
- Firmas en los muros
- Tuberías de EMACSA

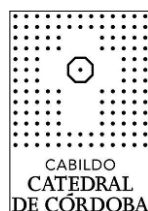
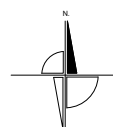


ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Planta del aljibe. Secciones de los Alzados				Nº PLANO
ESCALA	1:125	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	2
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	



LEYENDA

- Sillares
- Cantos rodados
- Clavos metálicos
- Firmas en los muros
- Tuberías de EMACSA



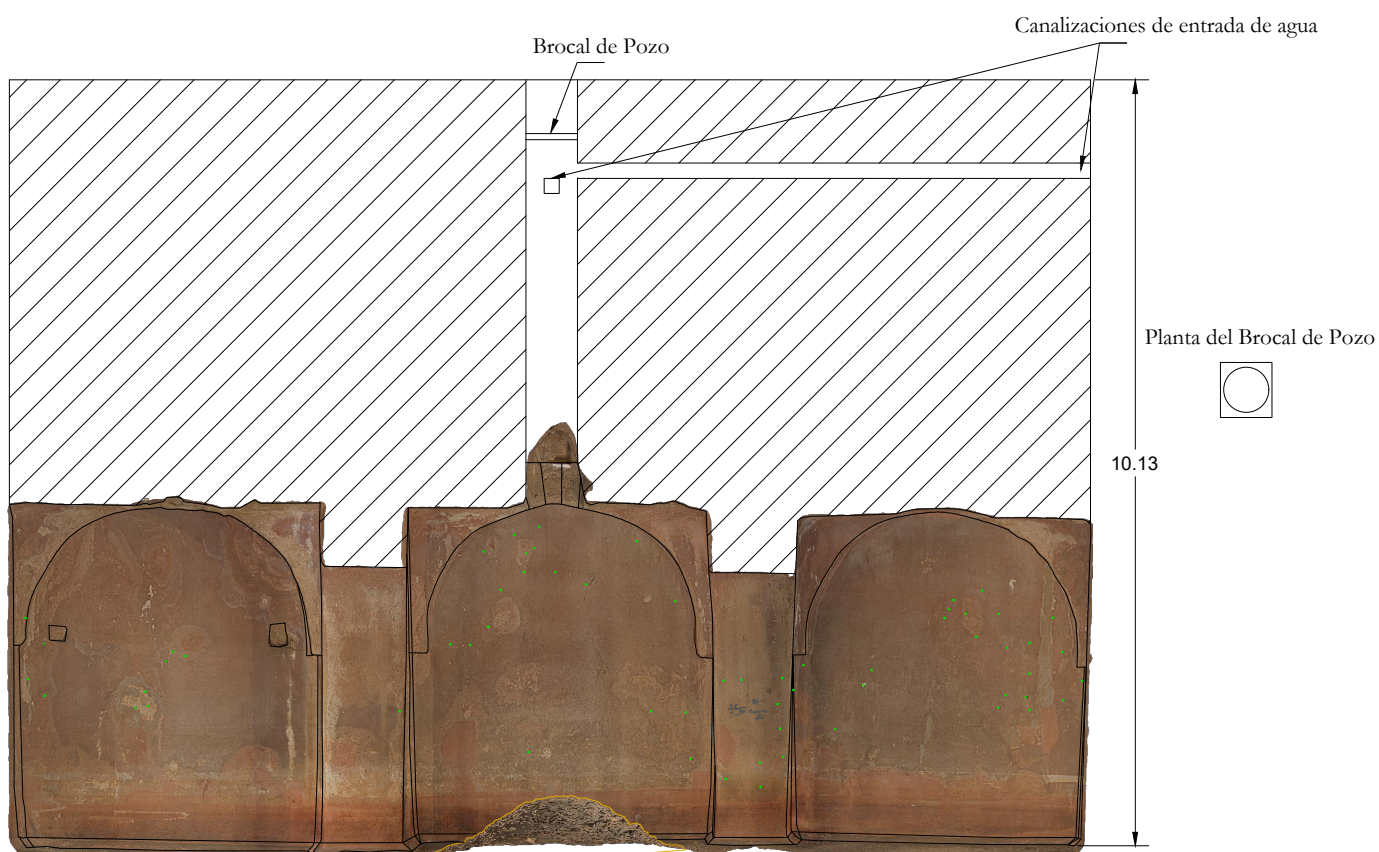
ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Intradós de las bóvedas del aljibe.				Nº PLANO
ESCALA	1:125	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	-
					3

LEYENDA

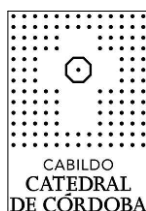
- Sillares
- Cantos rodados
- Clavos metálicos
- Firmas en los muros
- Tuberías de EMACSA



CORTE A-A'

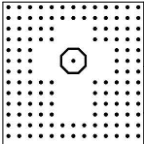


CORTE D-D'



ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					Nº PLANO
TITULO	Sección A-A' y Sección D-D' del aljibe.				
ESCALA	1:100	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	-
					4



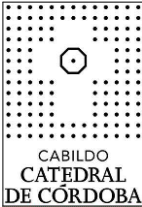
ALJIBE DE ALMANZOR					
CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
 CABILDO CATEDRAL DE CÓRDOBA	TITULO	Sección B-B' y Sección E-E' del aljibe.			Nº PLANO
	ESCALA	1:100	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC -
	FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP -
					5



CORTE C-C'



CORTE F-F'



ALJIBE DE ALMANZOR CONJUNTO MONUMENTAL MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA					
TITULO	Sección C-C' y Sección F-F' del aljibe.				Nº PLANO
ESCALA	1:100	INGENIERO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-
FECHA	NOVIEMBRE 2016			ESP	-
					6

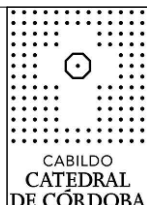
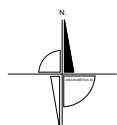
ANEXO V. ALZADOS DE LA BÓVEDA OESTE DE MACSURA

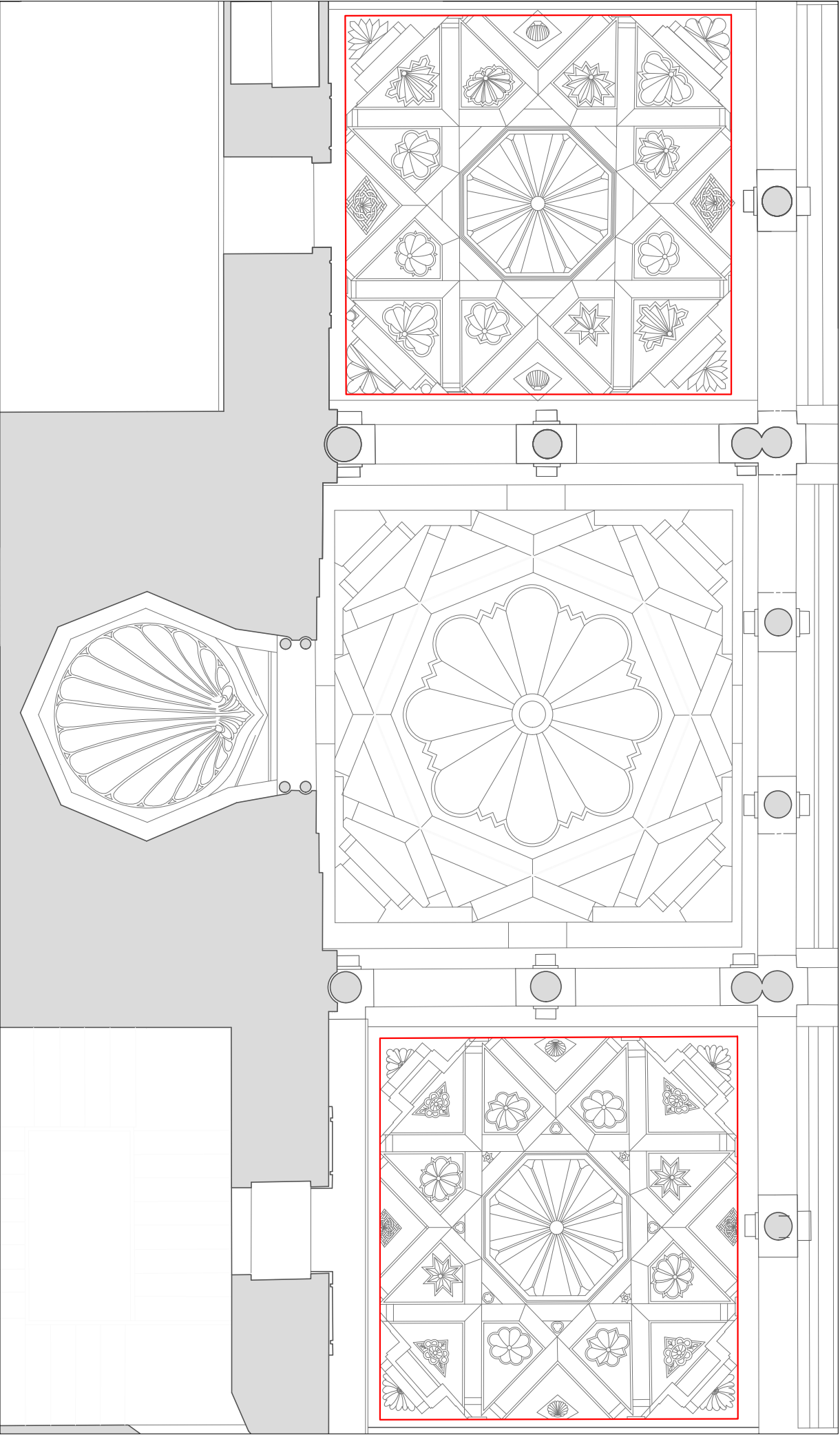


Planimetría base: Gabriel Ruiz, Gabriel Rebollo y Sebastián Herrero



AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA

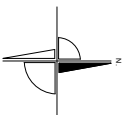
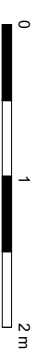
TITULO	LOCALIZACIÓN DE LAS BÓVEDAS LATERALES DE MACSURA				Nº PLANO	
ESCALA	1:1000	TRAZADO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC	-	01
FECHA	DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO	RAIMUNDO ORTIZ URBANO	ESP	-	



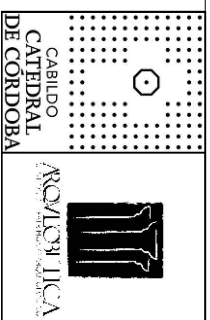


Planimetría base: Gabriel Ruiz, Gabriel Rebollo y Sebastián Herrero

										
CAPILLO CATEDRAL DE CÓRDOBA					ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE CÓRDOBA					
AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS										
CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA-CATEDRAL DE CÓRDOBA										
TITULO					LOCALIZACIÓN DE LAS BÓVEDAS LATERALES DE MACSURA					Nº PLANO
ESCALA		1:75		TRAZADO		RAFAEL ORTIZ CORDERO		UC		-
FECHA		DICIEMBRE 2017		ARQUEÓLOGO		RAIMUNDO ORTIZ URBANO		ESP		-
										02



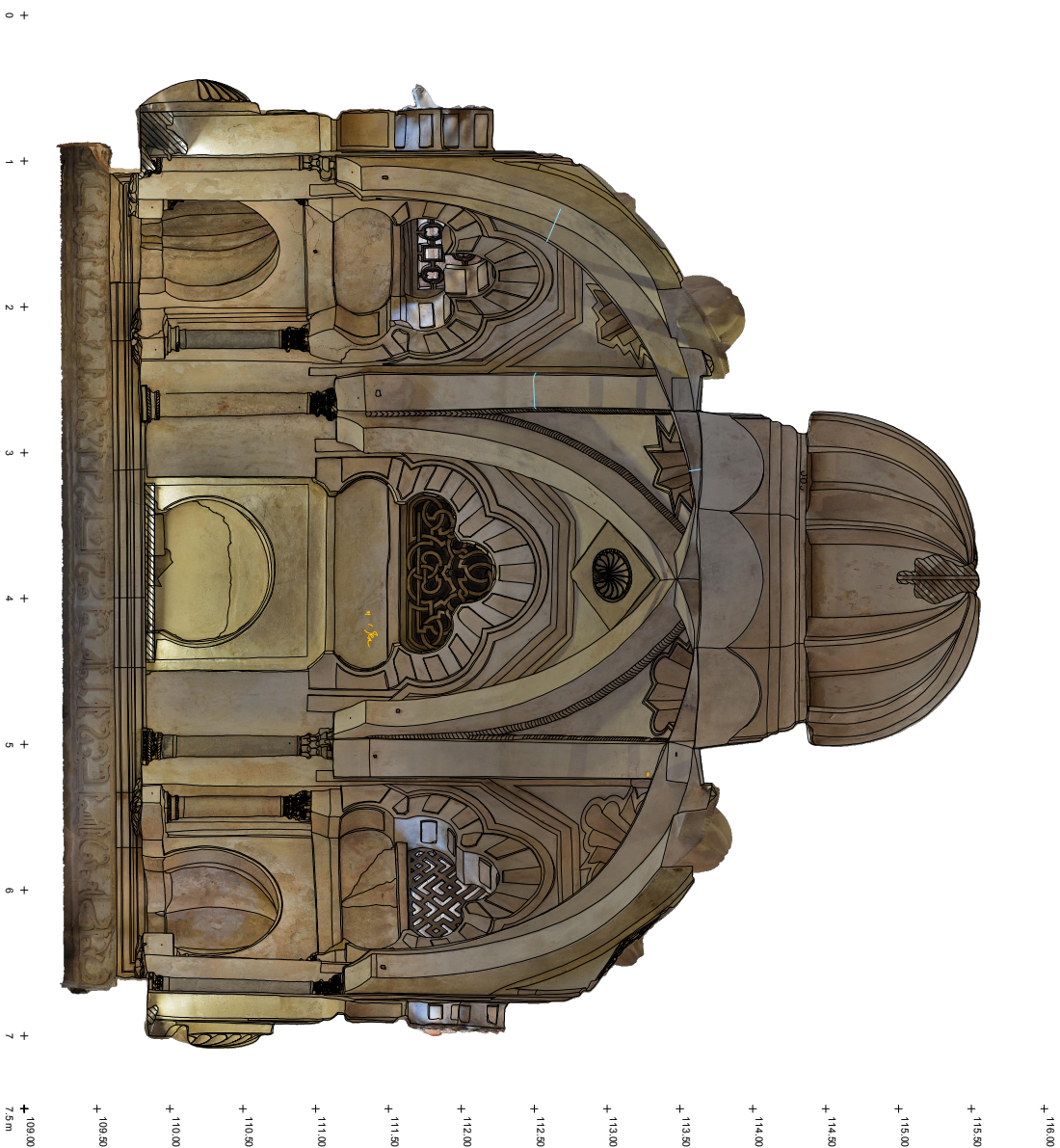
<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--



CABILDO
CATEDRAL
DE CORDOBA



<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>					
--	--	--	--	--	--



<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></</div></div>					
--	--	--	--	--	--



AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS				
CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA CATEDRAL DE CORDOBA				
	TITULO		MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA OESTE AIZADO SURESTE	
	ESCALA	1:50	TRAZADO	RAFAEL ORTIZ CORDERO
	FECHA	DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO	RAIMUNDO ORTIZ URBANO
	Nº PLANO		07	



<p style="text-align: center;">AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA-CATEDRAL DE CORDOBA</p>				
TITULO	MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA OESTE ALZADO SUR			Nº PLANO
ESCALA	1:50	TRAZADO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	UC 11
FECHA	DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO	RAIMUNDO ORTIZ URBANO	ESP 55
				08



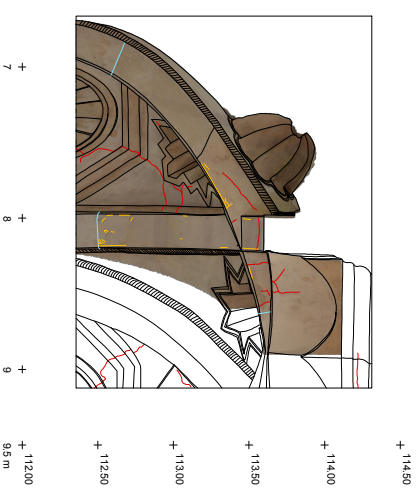
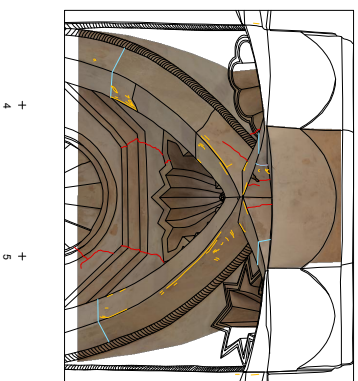
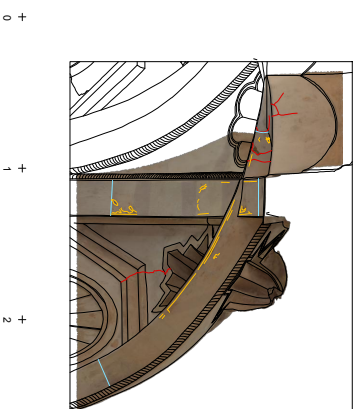
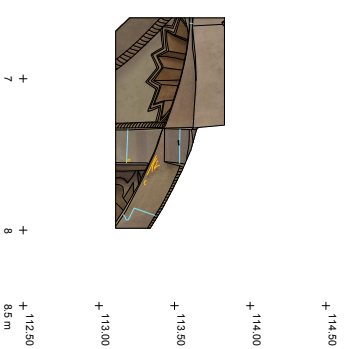
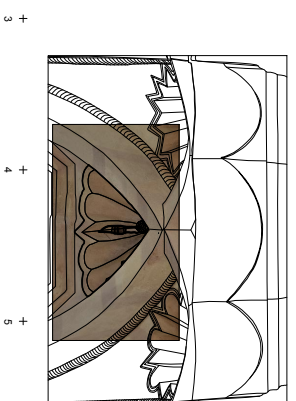
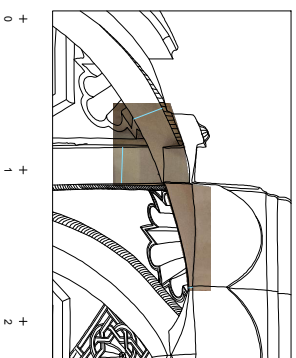
AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS					Nº PLANO	
CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA-CATEDRAL DE CORDOBA						
	TITULO	MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA OESTE AIZADO SUROESTE				
	ESCALA	1:50	TRAZADO	RAFAEL ORTIZ CORDERO	U.C	44
	FECHA	DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO	RAIMUNDO ORTIZ URBANO	ESP	55
09						



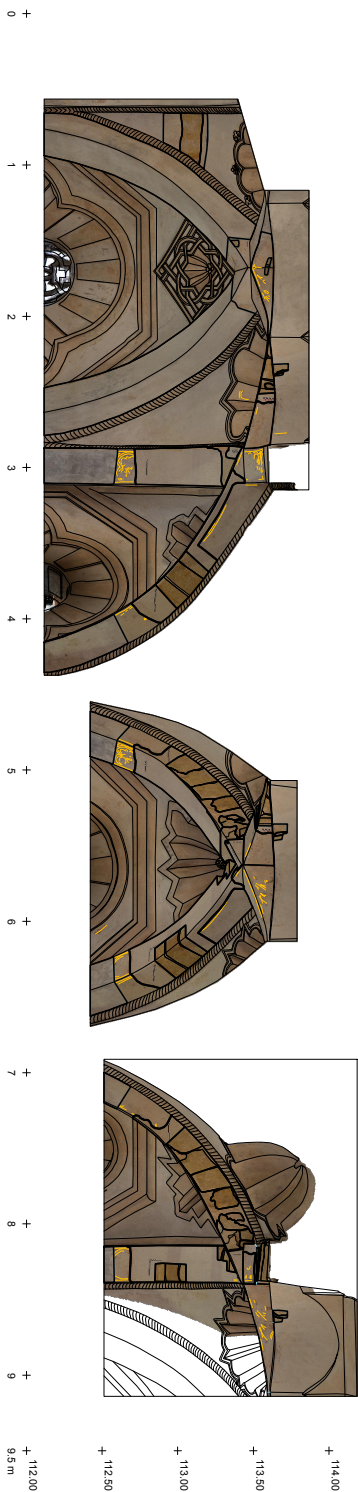
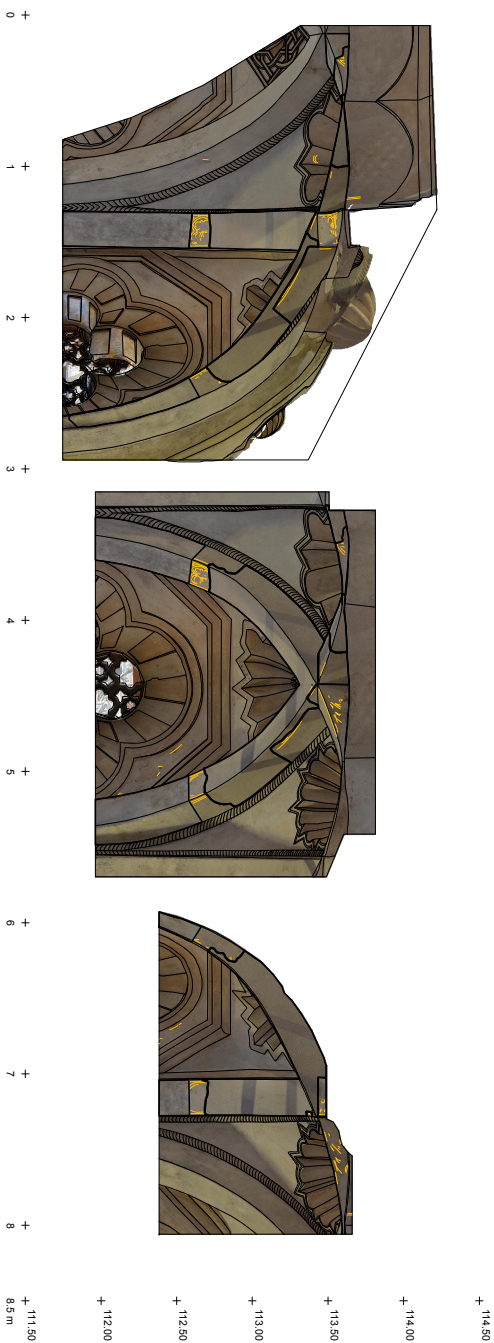
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><</div>					
--	--	--	--	--	--




AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS				
CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA CATEDRAL DE CORDOBA				
TITULO		MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA OESTE AIZADO NOROESTE		
ESCALA		1:50	TRAZADO	RAFAEL ORTIZ CORDERO
FECHA		DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO	RAIMUNDO ORTIZ URBANO
CAPILLO CATEDRAL DE CORDOBA		U.C. 43		11
ESP. 55				



<p align="center">AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA-CATEDRAL DE CORDOBA</p>					<p align="center">Nº PLANO</p>
<p>TITULO MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA CESTE SONDEOS 7 - 8 Y 10</p>					
<p>ESCALA</p>	<p>1:50</p>	<p>TRAZADO</p>	<p>RAFAEL ORTIZ CORDERO</p>	<p>UC</p>	<p>-</p>
<p>FECHA</p>	<p>DICIEMBRE 2017</p>	<p>ARQUEÓLOGO</p>	<p>RAMUNDO ORTIZ URBANO</p>	<p>ESP</p>	<p>55</p>
<p align="right">12</p>					



AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA CATEDRAL DE CORDOBA

	AAP CONTROL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS CAPILLA REAL Y MACSURA - C.M. MEZQUITA CATEDRAL DE CÓRDOBA							
	TÍTULO							
	MACSURA. UNIDADES INTERIOR BÓVEDA OESTE SONDEOS 1, 2, 3, 5 Y 11							
	ESCALA							
CABILDO CATEDRAL DE CÓRDOBA	1:50	TRAZADO		RAFAEL ORTIZ CORDERO		UC	-	
	DICIEMBRE 2017	ARQUEÓLOGO		RAIMUNDO ORTIZ URBANO		ESP	55	
							13	

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- AAA, (2000). *Anuario Arqueológico de Andalucía – III Actividades de Urgencia*. Junta de Andalucía. Vol. 1.
- ACC. Ms. 28. *Libro Coral M-47*. Siglo XVI. c. 1504. Archivo Catedral de Córdoba.
- Achille, C., Lombardini, N., Tommasi, C. (2015). *BIM and cultural heritage: compatibility tests in an archaeological site*. WIT Transactions on The Built Environment, 149. doi:10.2495/BIM150481.
- Archeologia della Architettura, (1997). *Suplemento de Archeologia Medievale*, All'Insegna del Giglio.
- Agisoft. Agisoft LLC. (2017). <http://www.agisoft.com/> [online] (Consulta: 14 11 2017).
- Aguilar Priego, R., (1956), *Obras de la torre de la Catedral de Córdoba desde el siglo XVII hasta nuestros días*, Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba, año XXVII, n. 74, ene. a jun. 1956.
- Ahmon, J. (2004). *"The application of short-Range 3D Laser Scanning for archaeological Replica production: The Egyptian Tomb of SETI I."* The Photogrammetric Record 19, 111-127.
- Ajbar-Maymu'a. (1867). Texto árabe y traducción española de E. Lafuente Alcántara. Madrid: Colección de tradiciones.
- al-Idrisi. (1968). *Description de l'Afrique et de l'Espagne*, edición y traducción de R. Dozy. Leiden.
- al-Jusaní, M. (970). *Historia de los jueces de Córdoba / Kitáb al-qudá bi-Qurtuba*.
- Almagro Gorbea, A. (2001), *Un aspecto constructivo de las bóvedas de Al-Andalus*, Al-Qantara Revista de Estudios Árabes, Vol. XXII, Fasc. 1, CSIC, Madrid.
- al-Makkari, I. (1840). *The History of the Mohammedan Dynasties in Spain. Traducido al inglés por Pascual de Gayangos*. London: Oriental Translation Fund.
- Amador de los Ríos, J., (1877). *Mezquitas llamadas del Santo Cristo de la Luz y de las Tornerías, Monumentos arquitectónicos de España*. Madrid: Imprenta de T. Fortanet y Calcografía Nacional.
- Angelé, S., & Cressier, P. (1990). *Velefique (Almería): un exemple de mosquée rurale en al-Andalus*. Mélanges de la Casa de Velázquez, XXVI(1), 112-130.
- Anónimo. (1889). *Fath al-Andalus*. Argel: Ed. González.
- Anónimo. (1983). *Dikr bilad al-Andalus*, una descripción anónima de al-Andalus. Texto árabe y traducción de L. Molina. Madrid.
- Anónimo. (2002). *La conquista de al-Andalus*. Traducción de Mayte Penelas. Madrid: CSIC.
- Aparicio Resco, P. (2015). *Arqueología virtual para la documentación, análisis y difusión del patrimonio. El borno de cal de Montesa (Valencia)*. E-DitARX Publicaciones digitales.
- Arc-Team. Arc-Team. (2015). <http://184.106.205.13/arcteam/ppt.php> [online] (Consulta: 01 15, 2015).
- Arjona Castro, A. (1982). *Anales de Córdoba Musulmana (711-1008)*. Córdoba: Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba.

- Arjona Castro, A., (1994), *El Alminar de Abdelrahman III en la Mezquita de Córdoba. Notas sobre la piedra caliza de Luque (Al-Kaddan al-Lukki) utilizada para su construcción*. Boletín de la Real Academia de Córdoba, de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes, n.126, 1994, Córdoba.
- Ashkan, M. (2010). *Discontinuous Double-shell Domes through Islamic eras in the Middle East and Central Asia: History, Morphology, Typologies, Geometry, and Construction*. Nexus Network Journal, XII(2), 287-319.
- Autodesk. (2016) *Autodesk CFD Simulation*. <http://www.autodesk.com/products/cfd/overview> [online] (Consulta 22 11 2016).
- Ávila Jalvo, J.M. (2014). *España, o los arcos del siglo VIII de cómo el arco de herradura protagonizó la arquitectura ibérica entre los siglos VII al X*. "Ensayos en homenaje a José Luis de Miguel Rodríguez", pp. 33-48.
- Azkarate, A., Cámara, L., Lasagabaster J.I., Latorre, P., (1999) *Catedral de Santa María. Vitoria-Gasteiz - Plan Director de Restauración. III vols*. Vitoria: Diputación Foral de Álava.
- Azkarate, A., (2002). *Intereses cognoscitivos y praxis social en Arqueología de la Arquitectura*, Arqueología de la Arquitectura, 1, 55-72.
- Bakraji, E.H., Rihawy, M.S., Castel, Abboud, C. (2015). *R. PIXE multivariate statistics and OSL investigation for the classification and dating of archaeological pottery excavated at Tell Al-Rawda site, Syria*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 347, 2015, doi: 10.1016/j.nimb.2015.01.050.
- Balocco, Carla, Grazzini, Giuseppe. (2009). "Numerical simulation of ancient natural ventilation systems of historical buildings. A case study in Palermo". Journal of Cultural Heritage 10. 313-318. doi:10.1016/j.culher.2008.03.008.
- Baltrusaitis, J. (1936). *Le problème de l'ogive et l'Arménie*. Paris: E. Leroux.
- Baltrusaitis, J. (1939). *La croisée d'ogives dans l'architecture transcaucasienne*. Recherche 1, pp. 73-92.
- Barazzetti, L., Binda, L., Scaioni, M., Taranto, P., (2011). "Photogrammetric Survey of complex geometries with low-cost software: Application to the 'G' temple in Myson, Vietnam." Journal of Cultural Heritage 12, 253-262.
- Batt, C.M., Schmid, M.M.E., Vésteinsson, O. (2015). *Constructing chronologies in Viking Age Iceland: Increasing dating resolution using Bayesian approaches*. Journal of Archaeological Science, 62, 2015, doi: 10.1016/j.jas.2015.07.002.
- Behrens-Abouseif, D., Warner, N., & O'Kane, a. B. (2010). *The minarets of Cairo: Islamic architecture from the arab conquest to the end of the Ottoman Empire*. London : I.B.Tauris.
- Bennett, M.R., Falkingham, P., Morse, S.A., Bates, K., Crompton, R.H., (2013). "Preserving the Impossible: Conservation of Soft-sediment Hominin Footprint Sites and Strategies for Three-Dimensional Digital Data Capture." (PLOS ONE) 8, no. 4.
- Bermúdez, J.M., Cepillo, J., Ortiz, R. (2000). *Informe-Memoria de la I.A.A.R. Castillo de Montilla 1999-2000*. Expediente administrativo. Restauración del Castillo de Montilla. Proyecto piloto INEM-FEMP. Excmo. Ayuntamiento de Montilla.
- Bevan, A., et al. (2014). "Computer vision, archaeological classification and China's terracotta warriors." Journal of Archaeological Science 49, 249-254.
- Billings, R.W., (1843). *Architctectural Illustrations and Description of the Cathedral Church at Durham*. London: T. and W. Boone.

- Blair, S., Bloom, J. M., (2009). *"Rivers of Paradise: Water in Islamic Art and Culture"*. Yale University Press. ISBN13: 9780300158991
- Blender (2017). *blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software*. [online] blender.org. Available at: <https://www.blender.org/> [Accessed 14 11 2017].
- Bollandus, I. (1570). *Acta Sanctorum* (Vol. I). Paris.
- Byzantium1200, (2016). <http://www.byzantium1200.com/index.html> [online] [Consulta: 27 10 2016].
- Caballero Zoreda, L., (2006). *El dibujo arqueológico. Notas sobre el registro gráfico en arqueología*. Papeles del Partal, 3 noviembre, 75-95.
- Cabrera Ponce de León, A., & Rodríguez López, O. (1990). *Rehabilitación de la Iglesia de Santiago de Córdoba* (Vol. I). Córdoba: Cuadernos de intervención en el Patrimonio Histórico.
- Camps Cazorla, E. (1953). *Módulo, proporciones y composición en la arquitectura califal cordobesa*. Madrid: CSIC Instituto Diego Velázquez.
- Camón Aznar, J. (1940), *La bóveda gótico-morisca de la capilla de Talavera en la Catedral vieja de Salamanca*, Al-Andalus Revista de las escuelas de estudios árabes de Madrid y Granada, V, Madrid-Granada.
- Capmany Suris y Montpalau, A. (1794). *Cartas de Gonzalo de Ayora, cronista de los reyes católicos, primer capitán de la Guardia Real, primer Coronel de Infantería Española, e introductor de la táctica de las tropas de á pie en estos reynos. Escribialas al Rey Don Fernando en el año 1503 desde el Rosellón sobre el estado de la guerra con los Franceses. Dalas a Luz* D. G. V., Imprenta de la Sancha, Madrid.
- Carandini, A., (1997). *Historias en la tierra. Manual de excavación arqueológica*, Barcelona.
- Castaño Hinojo, J. (1978). *"Estudio sobre las aguas del Cabildo de Córdoba"*. Actas I Congreso de Historia de Andalucía, Siglo XVIII, I, 115-125.
- Castellano, A. (1983). *I costruttori lombardi nel Medioevo. Dall'espansione internazionale al declino*. En AAVV, *Costruir in Lombardia*. Milán: Electra.
- Chambers, J. (2004). *The R Project for Statistical Computing*. <http://www.r-project.org/> (accessed 03 11 2016).
- Charlton, M.F., Blakelock, E., Martín-Torres, M., Young, T. (2012). *Investigating the production provenance of iron artifacts with multivariate methods*. Journal of Archaeological Science, 39. 2012, doi: 10.1016/j.jas.2012.02.037.
- Chevalier, J., & Gheerbrant, A. (1986). *Diccionario de los símbolos*. Barcelona: Herder.
- Chirino, J., (1593), *Sumario de las persecuciones que a tenido la Yglesia desde su principio: en que se refieren algunas causas porqu permite Dios que los buenos sean perseguidos y los malos preualezcan có otras muchas cosas...*, Granada.
- Choisy, A., (1899). *Histoire de l'Architecture*. Paris: G. Béranger.
- Creswell, K. (1926). The evolution of the minaret with special reference to Egypt. The Burlington Magazine.
- Cytryn-Silverman, K. (2008). Three Mamluk minarets in Ramla. Jerusalem Studies in Arabic and Islam, 379-432.
- de la Casa, F. (2005). *El Patio de los Naranjos de la Mezquita Catedral de Córdoba*. V Seminario Internacional de Ingeniería Gráfica - El Diseño en la Ingeniería y en la Arquitectura. Córdoba: INGEGRAF.

de la Torre y del Cerro, A., (1930), *Obras en la torre de la Catedral de Córdoba en los siglos XVI y XVII*, Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba, oct. a dic. 1930.

Dell'Unto, N., Leander, A.M., Ferdani, D., Dellepiane, M., Callieri, M., Lindgren, S., (2013), *Digital reconstruction and visualization in archaeology Case-study drawn from the work of the Swedish Pompeii Project*. IEEE, 978-1-4799-3170-5/13.

Dell'Unto, N., (2014). *3D Models and Archaeological Investigation. Perspectives to archaeological information in the digital society*, 55-71. Uppsala University, Department of ALM.

Demetrscu, E., (2015). *Archaeological stratigraphy as a formal language for virtual reconstruction. Theory and practice*. Journal of Archaeological Science, 57, 42-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.004>.

Denard, H., (2009), *The London Charter for the Computer-Based Visualization of Cultural Heritage*. [online] <http://www.londoncharter.org/> [Consulta: 04 11 2016].

De Roo, B., Stal, C., Lonneville, B., De Wulf, A., Bourgeois, J., De Maeyer, P., (2016). *Spatiotemporal data as the foundation of an archaeological stratigraphy extraction and management system*. Journal of Cultural Heritage, 19, 522-530. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.12.001>

Díaz de Ribas, P., (1627), *De las antigüedades y excelencias de Cordova, Cordona*, fol. 31 v.

Drap, P., Merad, D., Boi, J.M., Seinturier, J., Peloso, D., Reidinger, C., Vannini, G., Nucciotti, M., Pruno, E., (2012). *Photogrammetry for Medieval Archaeology A Way to Represent and Analyse Stratigraphy*. DOI: 10.1109/VSMM.2012.6365920 Conference: Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM 2012).

Drap, P., Papini, O., Pruno, E., Nucciotti, M., Vannini, G., (2017). *Surveying medieval archaeology: A new form for Harris paradigm linking photogrammetry and temporal relations*. The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3, 2017 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 1-3 March, 2017, Nafplio, Greece. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-267-2017

Dreyfuss, H., (1984). *Symbol Sourcebook*. New York: Wiley. ISBN 0-471-28872-1

Ducke, B., Score, D., Reeves, J., (2011). *"Multiview 3D reconstruction of the archaeological site at Weymouth from image series."* Computers & Graphics 35, 375-382.

Espejo Mohedano, A. R., Gallego Segador, A. (2014). *Fundamentos de estadística: teoría*. Córdoba: Don Folio. ISBN: 97-8849-374-878-4

Falkingham, P.L., Bates, K., Farlow, J., (2014). *"Historical Photogrammetry: Bird's Paluxy River Dinosaur Chase Sequence Digitally Reconstructed as It Was prior to Excavation 70 Years Ago."* PLoS ONE 9, no. 4.

Feisner, E., (2006), *Colour*. King Laurence Publish, ISBN 1-85669-441-0.

Fernández Casado, C. (1933). *Teoría del arco*. Revista de Obras Públicas, 81 (2615): 77-86.

Fernández-Puertas, A. (2000). *I. Mezquita de Córdoba. trazado proporcional de su planta general (siglos VIII-X)*. Archivo Español de Arte(291), 217-247.

Fernández-Puertas, A. (Octubre-Diciembre de 2008). *II. Mezquita de Córdoba. 'abd al-rahman I (169/785-786). el trazado proporcional de la planta y alzado de las arquerías del oratorio. la quibla y el mihrab del siglo VIII*. Archivo Español de Arte, 81(324), 333-356.

Fernández-Puertas, A. (Abril-Junio de 2009). III. *Mezquita de Córdoba. el trazado de la portada interior de la bab al-wuzara'. la puerta de los deanes (s. VIII), su trazado interior y exterior*. Archivo Español de Arte, LXXXII(326), 107-136.

Fernández Puertas, A. (2009), *Mezquita de Córdoba. Su estudio arqueológico en el siglo XX*, Universidad de Granada, Granada.

Forbes, (2013). *First Look at Sketchfab: A Youtube For 3D Files*. [online]. Disponible: <https://www.forbes.com/sites/rakeshsharma/2013/12/28/first-look-at-sketchfab-a-youtube-for-3d-files/#5f062cbc72dd> [Online: 13 Nov 2017].

Fornos, R.A., (2012). "Setting-up a graphical basis for an information and management system of architectural heritage: House Hylas." *Arqueología de la Arquitectura*, 11-25.

Forte, M., Dell'Unto, N., Issavi, J., Onsurez, L., Lercari, N., (2012). *3D Archaeology at Çatalhöyük*. *International Journal of Heritage in the Digital Era* 1, 3, p. 351-377.

Frankl, P. (1945). *The secret of the mediaeval masons. With "An explanation of Stornaloco's formula" (Panofsky)*, *Art Bulletin*, 27.1, pp 46-65.

Fuentes González, Paula, (2009). *Las cúpulas de arcos cruzados: origen y desarrollo de un tipo único de abovedamiento entre los siglos X-XVI*. En "Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción", 21-24 de octubre de 2009, Valencia.

Fuentes, P., Huerta, S., (2010). *Islamic domes of crossed-arches: Origin, geometry and structural behavior*. Arch' 10. 6th International Conference on Arch Bridges, Fuzhou, China October 11-13, 2010, College of Civil Engineering, Fuzhou University, pp. 346-353.

Fuentes González, P., (2013). *Bóvedas de arcos entrecruzados entre los siglos X y XVI. Geometría, construcción y estabilidad*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Gayangos, P., (1840), *The History of the Mohammedan Dynasties in Spain*; extrated from the Nafthu-T-Tib Min Ghosni-L-Andalusi-R-Rattib Wa T'arikh Lisánu-D-Dín Ibni-L-Khattib by Ahmed Ibn Mohammed Al-Makkari, The Oriental Translation Fund, London.

Gelabert, J. [1653] (1977), *De l'art de Picapedrer*, manuscrito en 1653, fols 135v a 138v (fascímil en Palma de Mallorca, Diputación, 1977, pp. 292-299).

Gimp. (2017). *Gimp GNU Image Manipulation Program*. <https://www.gimp.org/> [online] [Consulta 11 04 2017].

Girardeau-Montaut, D. (2017). *Cloud Compare*. <http://www.danielgm.net/cc/> [online] (Consulta: 14 11 2017).

Golvin, L., (1979). *Essai sur l'architecture religieuse musulmane*, 4, *L'art hispano-musulman*, París, pp. 28-92.

Gómez Bravo, J., (1778), *Catálogo de los Obispos de Córdoba*, Córdoba, t. II, p. 546.

Gómez Moreno, M. (1892). *Guía de Granada*. Granada.

Gómez Moreno, M., (1951), *El arte árabe español hasta los almohades [y] arte mozárabe*. En: "Ars Hispaniae, v 3.", Editorial Plus-Ultra, Madrid.

González Gutiérrez, C. (2012). *Las mezquitas de barrio de Madinat Qurtuba: Una aproximación arqueológica*. Diputación de Córdoba, Córdoba.

Grau-Bové, Josep, Mazzei, Luca, Malki-Ephstein, Liora, Thickett, David, Strlic, Matija. (2015). "Simulation of particulate matter ingress, dispersion and deposition in a historical building". *Journal of Cultural Heritage* 1: 199-208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.08.006>.

- Green, S., Bevan, A., Shapland, M., (2014). "A comparative assessment of structure from motion methods for archaeological research." *Journal of Archaeological Science* 46, 173-181.
- Gurriarán Daza, P. (2000). *Acerca del alminar almohade de Cuatrovititas en Bollullos de la Mitación (Sevilla)*. *Caetaria: revista bianual de arqueología*(3), 163-186.
- Gurriarán Daza, P., Gómez de Avellaneda Sabio, C., Sáez Rodríguez, A.J., (2002). *El alminar califal de la Ermita de Santiago del Camino en Medina Sidonia (Cádiz)*. *Arqueología y Territorio Medieval* 9 (2002), 127-163.
- Harris, C.E., (1989). *Principles of Archaeological Stratigraphy (Second Edition)*. Academic Press Limited, Londres.
- Heller, E., (2000), *Psychologie de la couleur –effets et symboliques*.
- Hernández Giménez, F. (1961). *El codo en la historiografía árabe de la mezquita mayor de Córdoba*. Madrid: Maestre.
- Hernández Giménez, F. (1975). *El alminar de 'Abd al-Rahmān III en la mezquita mayor de Córdoba: génesis y repercusiones*. Granada: Patronato de la Alhambra.
- Herrero Romero, S. (2018). *De lo Original a lo auténtico. La restauración de la Mezquita-Catedral de Córdoba durante el siglo XX*. Cabildo Catedral de Córdoba, Córdoba.
- Heyman, J., (1966). *The Stone Skeleton*. *International Journal of Soids and Structures* 2, pp. 249-279.
- Huerta, S. (2009), *The Debate about the Structural Behaviour of gothic Vaults: From Viollet-le-Duc to Heyman*. *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, Cottbus, May 2009. Pp. 837-844.
- Huerta Fernández, S. (2013), *La construcción de las bóvedas góticas según Rodrigo Gil de Hontañón, arquitecto de la catedral de Segovia, Segovia, su catedral y su arquitectura*. En "Ensayos en homenaje a José Antonio Ruiz Hernando". Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- IAPH. (2011). Recomendaciones técnicas 07, Recomendaciones técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales, Junta de Andalucía, [online] http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/patrimonio-cultural/documentos/gestion-informacion/recomendaciones_tecnicas_documentacion_geométrica.pdf [Consulta: 4 11 2016].
- Ibn Idari. (1860). *Kitab al-Bayan al-Mugrib fī ajbar al andalus wa l-magrib*, *Historias de al-Andalus*. Traducción de Francisco Fernández González. Granada.
- 'Idhari, Ibn. (1312). *Kitāb al-bayān al-mughrib fī ākbbār mulūk al-andalus wa'l-maghrib*. Traducción de Collin y Levi-Provencal.
- International Forum of Virtual Archaeology, (2012), *The Seville Principles. International Principles of Virtual Archaeology*. [online] <http://smarterheritage.com/seville-principles/seville-principles>[Consulta: 04 11 2016].
- Issam, EL-Said, Parman, A. (1976). *Geometric concepts in Islamic Art*, World of Islam Festival Publishing Company Ltd. London.
- Juan de Echevarría, P. (1814). *Paseos por Granada y sus contornos...* (Vol. 1). Granada.
- Kagan, R. L., (1986): *Ciudades del Siglo de Oro. Las vistas españolas de Antón van den Wyngaerde*. Ediciones El Viso.
- Kellert, S.H. (1993), *In the Wake of Chaos: Unpredictable Order in Dynamical Systems*. University of Chicago Press.

- Khoury, N.N.N, (1996), *The Meaning of the Great Mosque of Cordoba in the Tenth Century*, Muqarnas, vol. 13, pp. 80-98, BRILL.
- Kimball, J.J.L., (2016). *3D Delineation: A modernisation of drawing methodology for field archaeology*. Archaeopress publishing LTD.
- Lajo Pérez, R. (1990). *Léxico de arte*. Madrid – España: Akal. p. 167.
- Lamare, A.D., (1949). *Description de la Grande Mosquée de Cordoue*. Bibliothèque arabe-française, vol. 7. Éditions Carbonel.
- Lambert, E., (1926). *La première Renaissance espagnole et ses cimborios*. La revue de l'art ancienne et moderne, 193-204, 198.
- Lambert, E., (1928). *Les routes nervées Hispano-Musulmanes du XI Siècle et leur influence possible sur l'Art Chrétien*. Hesperis 8, 147-175.
- Lambert, E. (1936). *Les coupoles des grands mosquées de Tunisie et d'Espagne aux IX et X siècles*, Hespéris, XXII, pp. 127-132.
- Lechler, L. (1516). *Unterweisung*, Ms. Colonia.
- León Pastor, E., (2007). *La secuencia cultural de la Corduba perromana a través de sus complejos cerámicos*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- León Pastor, E., Ruiz Osuna, A., (2003). "El Museo Arqueológico. Protohistoria y Cultura Ibérica." En Guía Arqueológica de Córdoba, por Gil Vaquerizo, Desiderio, 249-250. Córdoba.
- Lerma, J.L., Muir, C., (2014). "Evaluating the 3D documentation of an early Christian upright stone with carvings from Scotland with multiples images." Journal of Archaeological Science 46, 311-318.
- Lerma, J.L., Navarro, S., Cabrelles, M., Villaverde, V., (2010). "Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: The Upper Paleolithic Cave of Parpalló as a case study." Journal of Archaeological Science 37, 499-507.
- Leucci, G., Cataldo, R., De Nunzio, G. (2007). *Assessment of fractures in some columns inside the crypt of the Cattedrale di Otranto using integrated geophysical methods*. Journal of Archaeological Science 34, 222-232. Doi: 10.1016/j.jas.2006.04.012.
- Loomio. (2014), *Escala de evidencia histórico-arqueológica en reconstrucciones virtuales*. [online] <https://www.loomio.org/g/PlDGd7OQ/escala-de-evidencia-historico-arqueologica-en-reconstrucciones-virtuales?locale=es> [Consulta: 27 10 2016].
- López-Menchero Bendicho, V.M., Grande, A. (2011), *Hacia una Carta Internacional de Arqueología Virtual. El Borrador SEAV*. Virtual Archaeology Review, Vol. 2, 4, Mayo 2011, ISSN: 1989-9947.
- Maíllo Salgado, F., (1993). *La caída del califato de Córdoba y los Reyes de Taifas. Estudio y traducción de "al-Bayan al-mugrib fi akhbbar muluk al-Andalus wa-l-Maghrib" del cronista Ibn 'Idari, 1313*. Estudios Árabes e Islámicos, Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Marçais, G. (1954), *L'architecture musulmane d'occident, Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne et Sicile*, Arts et Métiers graphiques, Paris.
- Marfil Ruiz, P. (2004), *Estudio de las linternas y el extradós de las cúpulas de la Maqsura de la Catedral de Córdoba, antigua mezquita Aljama*. Arqueología de la Arquitectura, 3, pp. 91-107.
- Marfil Ruiz, P. (2010). *Las puertas de la Mezquita de Córdoba durante el emirato Omeya*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Mariano, L., & Alamagro Gorbea, A. (1991). *Materiali da costruzione e tecniche edili antiche: indagini e rilievi nell'ottica della conservazione*. Firenze: Alinea.

- Martínez, S., Ortiz, J., Gil, M., (2014). "Geometric documentation of historical pavements using automated digital photogrammetry and high-density reconstruction algorithms." *Journal of Archaeological Science*.
- Meshlab. (2017). *Meshlab*. <http://meshlab.sourceforge.net/> [online] (Consulta: 14 11 2017).
- Messina, B., (2004). *Geometrie in pietra la moschea di Cordoba*. Giannini editore, Napoli.
- Minne, P., (1956). *Structure des voûtes califales Hispano-Mauresques*. Paris.
- Molina, L. (1983). *Una descripción anónima de al-Andalus*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Miguel Asín. Madrid.
- Molina Vidal, J., Muñoz Ojeda, F.J. (2015), *Ficha UR*. [online]: <http://hdl.handle.net/10045/46205> [Consulta: 27 10 2016].
- Momplet Mínguez, A.E., (2012). *De la difusión en la arquitectura de la Córdoba califal: La ampliación de al-Hakam II en la mezquita aljama*. *Anales de la Historia del Arte* 22, núm. Especial (II), 237-258.
- Montes Tubío, F. (2005). *Las arquerías de la Mezquita Catedral: Modelización tridimensional por elementos finitos de su comportamiento estructural*. V Seminario Internacional de Ingeniería Gráfica - El Diseño en la Ingeniería y en la Arquitectura. Córdoba: INGEGRAF.
- Morales, A., (1575). *Las antigüedades de las ciudades de España. Alcalá de Henares*.
- Morales, A., (1792), *Las antigüedades de las ciudades de España*. pp. 54-55. Tomo X. Edición de la Oficina de Don Benito Cano. Madrid.
- Murphy, M., Dore, C., (2012). *Integration of Historic Building Information Modelling (HBIM) and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites*, 18th International Conference on Virtual and Multimedia (VSMM): "Virtual Systems in the Information Society", 2-5 September 2012, Milan, Italy, pp. 369-376.
- Navascués Palacio, P., (1974). *El libro de arquitectura de Hernan Ruiz, el Joven*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, ETSAM.
- Nieto Cumplido, M., Luca de Tena y Alvear, C., (1992). *La Mezquita de Córdoba: planos y dibujos*. Córdoba: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental.
- Nieto Cumplido, M. (1996). *La Mezquita en las crónicas árabes*. En D. Córdoba, & Cajasur, Colección Córdoba (págs. 201-220). Córdoba: Diario Córdoba.
- Nieto Cumplido, M., (2007). *La Catedral de Córdoba*. 2.ª Edición. Córdoba: Obras Social y Cultural de CajaSur.
- Nieto Cumplido, M. (2016). *La Mezquita de Córdoba. Joya Bizantina*. Cabildo Catedral de Córdoba, Córdoba.
- Nieto Cumplido, M., (2016). *Informe histórico y documental sobre el Mibrab y el vestíbulo de la Quibla de la Mezquita de Córdoba*. No publicado.
- Nikon, (2017). http://www.nikon.es/es_ES/ [online] [Consulta: 13 Nov. 2017].
- Núñez, M.A., Buill, F., Edo, M., (2013). "3D Model of the Can Sadurní cave." *Journal of Archaeological Science* 40, 4420-4428.
- Ocaña, M. (1988-90). *Inscripciones árabes fundacionales de la Mezquita-Catedral de Córdoba*. Cuadernos de Madinat al-Zahra, 2, 9-28.

Orengo, H.A., (2013). "Combining terrestrial stereophotogrammetry, DGPS and GIS-based 3D voxel modelling in the columetric recording of archaeological features." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, no. 76, 49-55.

Orti Belmonte, M. A. (1970). *La Catedral – Antigua Mezquita y santuarios cordobeses*. Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba, Córdoba.

Ortiz-Cordero, R., Hidalgo Fernández, R.E., (2017). *Multivariate study and proportion study for classification and dating of Islamic Al-Andalus' minarets: A first approach*. *Journal of Cultural Heritage*, 24, 117-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2016.11.007>

Ortiz Urbano, R. (2018). *Metodología de intervención y diseño de herramientas de gestión del registro de la información arqueológica en ámbito urbano y arqueología de la arquitectura. Córdoba como laboratorio*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba.

Orton, C. (1980), *Mathematics in Archaeology*, Collins, Londres.

Overholtzer, L. (2015). *Agency, practice, and chronological context: A Bayesian approach to household chronologies*. *Journal of Anthropological Archaeology*, 27, 2015, doi: 10.1016/j.jaa.2014.11.001.

Palacios, J.C., Martín, R., (2009). *La construcción de una bóveda de crucería en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*. *Informes de la Construcción*, vol. 61, 515, pp. 49-58. doi: 10.3989/ic.08.058.

PAR - Arqueología y Patrimonio Virtual. (2014). *Reconstrucciones virtuales: la escala de evidencia histórica*. [online] <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/07/10/reconstrucciones-virtuales-la-escala-de-evidencia-historica/> [Consulta: 27 10 2016].

PAR - Arqueología y Patrimonio Virtual. (2014). *Escala de evidencia histórica | Scale of historical evidence*. [online] <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/07/21/escala-de-evidencia-historica-scale-of-historical-evidence/> [Consulta: 27 10 2016].

PAR - Arqueología y Patrimonio Virtual. (2014). *Ciencia colectiva: la escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales*. [online] <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/11/20/ciencia-colectiva-la-escala-de-evidencia-historico-arqueologica-para-reconstrucciones-virtuales/> [Consulta: 27 10 2016].

PAR - Arqueología y Patrimonio Virtual. (2014). *Construyendo ciencia: la estandarización de protocolos en reconstrucciones virtuales*. [online] <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/12/04/construyendo-ciencia-la-estandarizacion-de-protocolos-en-reconstrucciones-virtuales/> [Consulta: 27 10 2016].

PAR - Arqueología y Patrimonio Virtual. (2016). *Reconstrucción virtual de una torre-atalaya romana*. [online] <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2016/02/12/reconstruccion-virtual-de-una-torre-atalaya-romana/> [Consulta: 27 10 2016].

Parenti, R., (1985). *La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico*. *Restauro* Citt_a 2, 55-68.

Parenti, R., (1988). *Le tecniche di documentazione per una lettura stratigrafica dell'elevato*. In: Francovich, R., Parenti, R. (Eds.), *Archeologia e restauro dei monumenti*, pp. 249-279. Firenze.

Parzysz, B. (2011). *From One Polygon to Another: A Distinctive Feature of Some Ottoman Minarets*. *Nexus Network Journal*, 13, 2011, doi: 10.1007/s00004-011-0076-2.

- Pavón Maldonado, B. (1966). *Memoria de la excavación de la mezquita de Medinat al-Zabra*. Madrid: Excavaciones Arqueológicas en España.
- Pavón Maldonado, B. (1976). *Alminares cordobeses*. Boletín de la Asociación española de Orientalistas XII, 181-210.
- Pavón Maldonado, B., (1990). *Tratado de arquitectura hispano-musulmana I: Agua*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC.
- Pavón Maldonado, B. (2001). *La mezquita aljama de Córdoba de 'Abd al-Rahman I, la ampliación de 'Abd al-Rahman II y las actuaciones de Muhammad I*. *Anaquel de Estudios Árabes*, 595-629.
- Pavón Maldonado, B. (2009). *Tratado de Arquitectura Hispanomusulmana – (Vol. IV - Mezquitas)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Peña, I. (1996). *Arte cristiano de la Siria bizantina: siglos IV-VII*. Madrid: Encuentro.
- Peña Jurado, A., (2010). *Estudio de la decoración arquitectónica romana y análisis del reaprovechamiento de material en la Mezquita Aljama de Córdoba*. Córdoba: Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba.
- Pérez Álvarez, J.A., Mayoral Herera, V., Martínez del Pozo, J.A., de Tena, M.T., (2013). "Multi-temporal archaeological analyses of alluvial landscapes using the photogrammetric restitution of historical flights: a case study of Medellín (Badajoz, Spain)." *Journal of Archaeological Science*, no. 40, 349-364.
- Pizarro Berengena, G., (2012). *El abastecimiento de agua a Córdoba. Arqueología e Historia*. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Rabasa Díaz, E. (2008). *La construcción medieval de bóvedas, Ars Mechanicae: Ingeniería Medieval en España*. Ministerio de Fomento-CEDEX-CEHOPU, Fundación Juanelo Turriano, Madrid, España, pp. 119-129.
- RAE. (2018). <http://www.rae.es/> [online] [Consulta: 02 01 2018].
- Ramírez de las Casas-Deza, L., (1866). *Descripción de la Iglesia Catedral de Córdoba*, Córdoba.
- Remondino, F., Campana, S., (2014). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices*. BAR International Series 2598. Archaeopress.
- Ribera, J. (1914). *Historia de los jueces de Córdoba por aljoxaní*. Madrid: Centro de Estudios Históricos.
- Ritcher, J.P., (1883). *The literary works of Leonardo da Vinci*. 2 vols. London: Sampson Low, Marston, Searle and Rivington.
- Rogers, E. (2008). *Islamic Mathematics*. Urbana-Champaign: University of Illinois.
- Roldán-Medina, F. J. (2015). *Análisis antropométrico de la mezquita-catedral de Córdoba*. *Informes de la Construcción*, 67(539): e093, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.024>.
- Rondelet, J., (1810). *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Paris: chez l'auteur, enclose du Panthéon.
- Roskams, S., (2003). *Teoría y práctica de la excavación*, Barcelona.
- Ruggles, D. F. (2007). *Islamic Gardens and Landscapes*. University of Pennsylvania Press, 92-93.
- Ruiz de la Rosa, J. A. (1987). *Trazo y Simetría de la Arquitectura: En la Antigüedad y Medievo*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

- Ruiz de la Rosa, J.A. (2000). *La técnica de la arquitectura medieval*. Universidad de Sevilla. Edita Amparo Graciani.
- Ruiz Nieto, E., (2000). *Intervención Arqueológica de Urgencia en el Paseo de la Victoria*, 17. Anuario de Arqueología de Andalucía (2000), 475-482.
- Rüther, H., et al. (2009). "Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wondewerk Cave, South Africa." *Journal of Archaeological Science* 36, 1847-1856.
- Schachner, L. A. (2008). The archaeology of the styli. *Late Antique Archaeology* 6, 329-397.
- Shennan, S. (1992). *Arqueología cuantitativa*. Editorial Crítica. ISBN: 84-7423-529-4.
- Scianna, A., Gristina, S., (2015). *Sperimentazione di tecniche BIM sull'archeologia romana: Il caso delle strutture rinvenute all'interno della cripta della Chiesa dei SS. Sergio e Bacco in Roma*. *Archeologia e Calcolatori Supplemento* 7, 199-212.
- Siemens PLM Software, (2017). https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/products/solid-edge/ [online] [Consulta: 21 dic. 2017].
- Sketchfab, (2017). *Sketchfab*. Disponible: <https://www.sketchfab.com/> [Online: 13 Nov 2017].
- Snyder, Riley, Dilaver, Özge. (2014). "Reconstructing the water-supply system of Constantinople". *Heritage Turkey* v. 4: 35-36. Doi: <http://dx.doi.org/10.18866/biaa2015.101>.
- Spence, (1992). *An Introduction to the Excavation Recording System of the Department of Urban Archaeology Museum of London*, en Trócoli, G. y Sospedra, R., *Harris Matrix. Recording Systems in Archaeology*, Lleida, vol. I, 108-123.
- Sutter, H. (1997). *Form und ikologie spanischer Zentralbauten: Torres del Río, Segovia, Eunate*, Weimar: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften.
- Taheri, J. (2009). *Mathematical Knowledge of Architecture in the Works of Kāshānī*. *NEXUS NETWORK JOURNAL*, XI(1), 77-88.
- Taylor, R., (2006). *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Madrid. Ediciones Akal, S.A.
- Terrase, H, Hernández Giménez, F. (1927), *Dos cartas sobre la cúpula de la mezquita de Córdoba*. Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada, t. XII, Granada.
- Terrasse, H. (1932), *L'Art Hispano-mauresque des origines au XIII siècle*. Publications de l'Institut des Hautes études Marocaines, tome XXV. Les Editions G. Van Oest, París.
- Terrasse, H., (1968). *La mosquée al-Qaraouiyyim a Fès*. Paris: Libairie C. Klincksieck.
- T. M. Frankfurter, D. (1990). Stylites and Phallobates: Pillar Religions in Late Antique Syria. *Vigiliae Christianae* 44, 168-198.
- Torre, I., Benito-Calvo, A., (2013). "Application of GIS methods to retrieve orientation patterns from imagery: a case study from Beds I and II, Olduvai Gorge (Tanzania)." *Journal of Archaeological Science*, 2446-2457.
- Torres Balbás, L, (1926). *Bóvedas de nervios musulmanas en Francia*. "Revista Histórica" n. 10, pp. 25-30.
- Torres Balbás, L., (1936), *Las cúpulas de las más importantes mezquitas españolas y tunecinas en los siglos IX y X*. Crónica arqueológica de la España musulmana V. *Al-Andalus Revista de las escuelas de estudios árabes de Madrid y Granada*, IV, Madrid-Granada.

- Torres Balbás, L. (1943), *Origen árabe de la palabra francesa "ogive"*, Crónica Arqueológica de la España Musulmana, XIII, Al-Andalus Revista de las escuelas de estudios árabes de Madrid y Granada, VIII, 2, Madrid-Granada.
- Torres Balbás, L. (1945). *Función de nervios y ojivas en las bóvedas góticas*. "Investigación y Progreso", v. XVI.
- Torres Balbás, L., (1952). *Leonardo da Vinci y las bóvedas hispano musulmanas*. Al-Andalus, 17, 438-441.
- Torres Balbás, L., (1957), *Arte hispanomusulmán. Hasta la caída del califato de Córdoba*. En: "España musulmana: hasta la caída del Califato de Córdoba (711-1031 d. J.C.)". Historia de España (5). Espasa-Calpe, Madrid, pp. 331-788.
- Torres Balbás, L., (1958), *El yamur de Alcolea y otros de varios alminares*, "Al-Andalus", v. XXXIII, pp. 323-333. ISSN 0304-4335.
- Torres Balbás, L., (1982). "Arte hispanomusulmán hasta la caída del califato de Córdoba" en Menéndez Pidal, R., Historia de España, T.V, Madrid, 331-788.
- Türkeli, E. (2014). *Determination and Comparison of Wind and Earthquake Responses of Reinforced Concrete Minarets*. Arab Journal Science Engineering, 39, 2014, doi: 10.1007/s13369-014-0999-5.
- Ural, A., Firat, F.K., (2015). *Evaluation of masonry minarets collapsed by a strong wind under uncertainty*. Natural Hazards, 76, 2015, doi: 10.1007/s11069-014-1531-7.
- Vallvé Bermejo, J. (1976). *Notas de metrología hispano-árabe. El codo en la España musulmana*. Al-Andalus, 41(2), 339-354.
- Valor Piechotta, M. (1993). *La mezquita de Ibn Adabbas de Sevilla. Estado de la cuestión*. Estudios de Historia y de Arqueología Medievales, IX, 1993, 299-314.
- Vaquerizo Gil, D., (2003). *Guía Arqueológica de Córdoba*. Córdoba.
- Velázquez Bosco, R., (1894). *Discurso de recepción del Excmo. D. Ricardo Velázquez Bosco en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*.
- Verhoeven, G., Doneus, M., Briese, Ch., Vermeulen, F., (2012). "Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs." Journal of Archaeological Science, no. 39, 2060-2070.
- Vignote Peña, S., (2014). *Principales maderas de coníferas en España, características, tecnología y aplicaciones*. Monografía (Informe Técnico). E.T.S.I. Montes (UPM), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- VisualSFM: (2015). *A Visual Structure from Motion System*. <http://ccwu.me/vsfm/> [online] (Consulta: 16 11 2016).
- Vitrubio Polión, M. (1787). *Los Diez Libros de Architectura. Traducidos del Latin y comentados por Don Joseph Ortíz y Sanz, presbítero*. Madrid, Imprenta Real.
- Wescott, K. L. (2005). *Introduction*. In K. L. Wescott and R. J. Brandon (eds.) Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modeling Toolkit: 1-5. Taylor & Francis e-Library Edition. Taylor & Francis, United Kingdom.
- Wu, C., Agarwal, S., Curless B., Seitz, S.M., (2011). "Multicore Bundle Adjustment." Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 3057-3064.
- Wu, C., (2013). "Towards Linear-Time Incremental Structure from Motion." 3D Vision - 3DV 2013, 2013 International Conference on. Seattle, WA: IEEE, 127-134.

Zamorano, A., Luna, D. (1992). *Excavación arqueológica de urgencia en el sistema General U-1 (Finca Fontanar, Córdoba)*. Anuario Arqueológico de Andalucía (1992), 161-172.

